

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

POSOUZENÍ POTENCIONÁLNÍHO VLIVU  
PŘI VÝROBĚ VSTŘIKOVACÍCH JEDNOTEK  
V KONKRÉTNÍ SPOLEČNOSTI METODOU LCA

diplomová práce

Autor:

Bc. Eva Kulhánková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jana Kodymová, Ph.D.

Ostrava 2014

**VŠB - TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA**

**Faculty of mining and geology**

Institute of environmental engineering

**ASSESSMENT OF POTENTIAL IMPACT  
BY PRODUCTION OF INJECTION UNITS  
IN SPECIFIC COMPANY BY LCA METHOD**

diploma thesis

Author:

Bc. Eva Kulhánková

Supervisor:

Ing. Jana Kodymová, Ph.D.

Ostrava 2014

---

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut environmentálního inženýrství

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Eva Kulhánková**

Studijní program: N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 3904T005 Environmentální inženýrství

Téma: **Posouzení potencionálního vlivu při výrobě vstřikovacích jednotek v  
konkrétní společnosti metodou LCA**  
Assessment of Potential Impact by Production of Injection Units in  
Specific Company by LCA Method

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Představení metody LCA
3. Představení posuzované společnosti a jejího výrobního procesu
4. Definice cílů a rozsahu posouzení
5. Inventarizační analýza
6. Analýza vlivů na životní prostředí
7. Interpretace získaných výsledků
8. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

ČURDA, Dušan. Ekologická bilance - hodnocení životního cyklu. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 1996, 60 s. ISBN 80-853-6895-1.

GUINÉE, Jeroen B. Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002, xi, 692 p. ISBN 14-020-0228-9.

KOČÍ, Vladimír. Posuzování životního cyklu: Life Cycle Assessment - LCA. Vyd. 1. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2009, 263 s. ISBN 978-80-86832-42-5.

ČSN EN ISO 14040. Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova. 2006.

ČSN EN ISO 14044. Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a

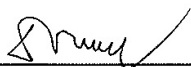
---

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana Kodymová, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014



prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.  
*vedoucí institutu*



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.  
*děkan fakulty*



## Prohlášení

- Celou diplomovou práci včetně příloh jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO v případě zájmu o komerční využití z její strany uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne .....

Bc. Eva Kulhánková

.....

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat paní Ing. Janě Kodymové, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce a cenné rady. Dále bych ráda poděkovala vedení společnosti Motorpal za vstřícný přístup a množství poskytnutých dat, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá problematikou posuzování životního cyklu. Ve společnosti Motorpal bylo provedeno posouzení potencionálního vlivu při výrobě vstřikovacích jednotek metodou LCA. Posouzení je zaměřeno na jediný produkt ve dvou letech jeho výroby. Byl stanoven ekovektor výrobního procesu, tedy množství přírodních zdrojů a surovin, které bylo během životního cyklu produktu spotřebováno a charakter a množství látek, které byly emitovány do životního prostředí. Práce se zabývá otázkou, který elementární tok zkoumaného procesu má největší dopady na životní prostředí a jaká kategorie dopadu je při výrobě vstřikovací jednotky nejvíce zasažena.

## **Klíčová slova**

Metoda LCA, vstřikovací jednotka, životní cyklus produktu, Eco-indicator 99.

## **Summary**

This thesis deals with the issue of the life cycle assessment. The potential impact assessment of the injection units production was made in the Motorpal company by LCA method. This assessment is focused on the only product during the two years of its production. The ecovector of the industrial process was set down. The ecovector implies the amount of natural resources and raw materials used during the product life cycle. It also deals with character and amount of emissions released to the environment. This thesis also undertakes the question what the biggest negative influence of the elementary flow on the environment is and solves which impact category of the injection units production is affected the most.

## **Keywords**

LCA method, injection unit, product life cycle, Eco-indicator 99.

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Metoda LCA</b>	<b>2</b>
1.1 Historie LCA . . . . .	3
1.1.1 LCA a udržitelný rozvoj . . . . .	3
1.1.2 Uvažování v životních cyklech . . . . .	4
1.1.3 Vývoj metody LCA . . . . .	5
1.2 Standardizace LCA . . . . .	7
1.3 Životní cyklus produktu a produktový systém . . . . .	8
1.3.1 Životní cyklus produktu . . . . .	8
1.3.2 Produktový systém . . . . .	8
1.4 Fáze metody LCA . . . . .	10
1.4.1 Fáze č. 1: Definice cílů a rozsahu . . . . .	11
1.4.2 Fáze č. 2: Inventarizace . . . . .	12
1.4.3 Fáze č. 3: Hodnocení dopadů životního cyklu . . . . .	13
1.4.4 Fáze č. 4: Interpretace . . . . .	14
1.5 Metodika LCIA . . . . .	15
1.6 Nástroje LCA . . . . .	16
1.7 Další analytické nástroje environmentálního managementu . . . . .	16

---

<b>2</b>	<b>Výroba vstříkovacích jednotek v posuzované společnosti</b>	<b>17</b>
2.1	Představení posuzované společnosti . . . . .	17
2.2	Specifikace produktu a jeho životní cyklus . . . . .	19
2.2.1	Výroba pístů M3 ve společnosti Motorpal . . . . .	21
2.2.2	Výroba válců M3 ve společnosti Motorpal . . . . .	26
2.2.3	Výrobní proces výkovků pro výrobu válce M3 . . . . .	31
2.2.4	Párování válce s pístem a montáž . . . . .	33
2.3	Informace o dodavatelích . . . . .	35
<b>3</b>	<b>Definice cílů a rozsahu</b>	<b>36</b>
3.1	Definice cílů . . . . .	36
3.2	Technická specifikace . . . . .	37
3.3	Procedurální specifikace . . . . .	38
3.3.1	Určení zdrojů použitých dat . . . . .	38
3.3.2	Podmínky a omezení studie . . . . .	38
<b>4</b>	<b>Inventarizace</b>	<b>39</b>
4.1	Alokace . . . . .	39
4.2	Vstupy . . . . .	40
4.2.1	Teplo, elektrická energie, voda . . . . .	40
4.2.2	Materiál . . . . .	40
4.2.3	Oleje, procesní kapaliny, odmašťovací prostředky . . . . .	42
4.2.4	Paliva . . . . .	44
4.3	Výstupy . . . . .	46
4.3.1	Odpady . . . . .	46
4.3.2	Emise do ovzduší . . . . .	49
4.4	Souhrnná inventarizační tabulka . . . . .	51

<b>5</b>	<b>Hodnocení dopadů</b>	<b>52</b>
5.1	Metodika Eco-indicator 99 . . . . .	52
5.1.1	Lidské zdraví . . . . .	53
5.1.2	Kvalita ekosystémů . . . . .	54
5.1.3	Úbytek surovin . . . . .	57
5.2	Klasifikace . . . . .	58
5.3	Charakterizace . . . . .	58
5.4	Normalizace . . . . .	60
5.5	Single score . . . . .	62
5.6	Podíl elementárních toků na celkovém vlivu . . . . .	64
<b>6</b>	<b>Interpretace a shrnutí</b>	<b>65</b>
6.1	Interpretace výsledků . . . . .	65
	<b>Závěr</b>	<b>71</b>
	<b>Seznam použitých zkratk</b>	<b>73</b>
	<b>Seznam použité literatury</b>	<b>75</b>

## Úvod

Člověk působí na přírodní prostředí od nepaměti. S rychlým růstem počtu obyvatel naší planety však dochází k výraznému zhoršování stavu životního prostředí. V roce 2011 překročil počet obyvatel na Zemi sedm miliard, nárůst o poslední miliardu trval pouhých 12 let. Se zvyšováním nároků lidské společnosti a rozšiřováním aktivit nutných pro jejich naplňování dochází k dalšímu nepříznivému ovlivňování přírodního prostředí.

Proto je důležité usměrnění lidských aktivit takovým způsobem, aby jejich vlivy na životní prostředí byly co nejmenší. Zejména omezení aktivit s výrazně negativními vlivy, případně jejich nahrazení dostupnými šetrnějšími procesy.

Uvedené skutečnosti vedly k rozvoji environmentální výrobově orientované politiky, se snahou motivovat výrobce k produkci ekologicky šetrných výrobků, spočívající ve snížení negativních vlivů procesních toků životních cyklů produktů.

V tomto směru je dobře uplatnitelná metoda LCA umožňující najít místa v životním cyklu produktu, která jsou významnou zátěží pro životní prostředí. Metoda LCA neboli posuzování životního cyklu je metoda pro hodnocení environmentálních dopadů produktů lidské společnosti, umožňující najít výrobky, služby či technologie, jejichž životní cykly mají nejmenší negativní dopady na životní prostředí.

Tato práce se zabývá otázkou, k jakým vlivům na životní prostředí dochází při výrobě vstřikovací jednotky ve vybraném závodě Batelov společnosti Motorpal. Pozornost je zaměřena na výrobu jediného produktu – vstřikovací jednotky M3. Environmentální dopady výroby produktu jsou vyjádřeny pomocí kategorií dopadu, které využívá zvolená metodika Eco-indicator 99.

Práce si klade za cíl určit, který elementární tok zkoumaného procesu má největší dopady na životní prostředí a jaká kategorie dopadu je při výrobě vstřikovací jednotky nejvíce zasažena. Vedlejším cílem posuzování je stanovení ekovektoru zvoleného výrobního procesu v roce 2012 a 2013 a určení, jakou měrou se na vlivech na životní prostředí podílí zkoumaná fáze výroby produktu v závodě Batelov.

LCA studie je zpracována s využitím softwaru SimaPro. Pro hodnocení dopadů produktu je použit charakterizační model Eco-indicator 99 se třemi základními skupinami environmentálních dopadů: lidské zdraví, kvalita ekosystémů a úbytek surovin.

# Kapitola 1

## Metoda LCA

Posuzování životního cyklu, *angl. life cycle assessment – LCA*, je analytická metoda hodnocení environmentálních dopadů výrobků, služeb a technologií [20].

V česky psané literatuře se lze setkat i s výrazem „hodnocení životního cyklu“, neboť překlad anglického výrazu „*assessment*“ může znít jako „hodnocení“ (např. *environmental risk assessment* – hodnocení environmentálních rizik). Za správné se však považuje užívání výrazu „posuzování životního cyklu“, použitého v překladu ISO norem řady 14040.

Základní myšlenkou metody LCA je skutečnost, že veškeré environmentální zátěže související s lidskými produkty musí být oceňovány s ohledem na celý životní cyklus produktů. Tedy již od fáze získávání a výroby prvotních materiálů, přes stadium výroby, stadium užívání produktů až po fázi jejich likvidace, opětovného užití nebo recyklace materiálů. Výrobek je hodnocen po celou dobu svého „života“, takzvaně „od kolébky do hrobu“. Z tohoto důvodu je anglický termín *life cycle assessment* mnohem více výstižný než německé *Ökobilanz* či francouzské *ecobilan* [20, 19].

Podle výkladového slovníku [36] je LCA „*informační analytický nástroj environmentální politiky, s jehož pomocí lze určit vlivy na životní prostředí, které daný výrobní systém vykazuje.*“

V mezinárodní normě ISO 14040, kterou ČR přejala jako ČSN EN ISO 14040 [7] je metoda LCA definována jako: „*shromažďování a vyhodnocování vstupů, výstupů a možných dopadů na životní prostředí výrobního systému během jeho celého životního cyklu.*“



K vyjadřování environmentálních dopadů výrobků, služeb a technologií využívá metoda LCA tzv. kategorie dopadu. Kategorie dopadu jsou specifické problémy životního prostředí, jako např. úbytek neobnovitelných zdrojů, globální oteplování, úbytek stratosférického ozónu, ekotoxicita, acidifikace, využívání krajiny atd., na nichž se podílí lidstvo svou činností. Lidskou činností dochází k výměně látek a energií s okolním prostředím. Tyto toky látek a energií jsou ve druhé ze čtyř fází posuzování životního cyklu metodou LCA identifikovány a vyčíslovány. Samotným vyčíslením energetických a materiálových toků posuzování životního cyklu nekončí. Přes něj se teprve dostáváme k nejdůležitější části metody — k hodnocení dopadů pomocí zmíněných kategorií dopadu. S jejich využitím můžeme vyjádřit možné konkrétní poškození určité kategorie a identifikovat nežádoucí přenášení problému z místa na místo. Přenášením problému z místa na místo máme na mysli jednak přesouvání problému mezi místy s určitou geografickou polohou, jednak přenášení problému z jedné kategorie dopadu do jiné kategorie dopadu [20].

## 1.1 Historie LCA

### 1.1.1 LCA a udržitelný rozvoj

Jelikož metoda LCA je preventivně zaměřený informační nástroj, který umožňuje najít výrobky, jejichž životní cykly mají nejmenší negativní dopady na životní prostředí, stalo se posuzování životního cyklu výrobku významným nástrojem realizace udržitelného rozvoje, (*angl. sustainable development*), definovaného Světovou komisí OSN pro životní prostředí a rozvoj v roce 1987 jako: „*takový rozvoj společnosti, při němž současná generace uspokojuje své potřeby tak, aby neomezila uspokojování potřeb generací budoucích.*“ Tím bylo řečeno, že má-li se společnost pozitivně rozvíjet, musí tímto způsobem změnit trend svého rozvoje. Ze závěrů Světové komise OSN vycházela Světová rada pro trvale udržitelný rozvoj. Na výsledky Komise navazovaly i další organizace, které se ve své práci zabývaly realizací ideje trvale udržitelného rozvoje, například Mezinárodní obchodní komora se svou Podnikatelskou chartou trvale udržitelného rozvoje. V roce 1992 na summitu v Rio de Janeiro byl plán realizace trvale udržitelného rozvoje projednán a schválen [23, 25].

V české legislativě je trvale udržitelný rozvoj ukotven v zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí [5], který ho definuje jako: „*takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom ne-snižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.*“

Posuzování životního cyklu realizuje myšlenku udržitelného rozvoje z hlediska udržitelné spotřeby i udržitelné výroby [23, 36]. Udržitelná spotřeba, (resp. výroba) je podle definice ze Symposia o udržitelné spotřebě, konaného v norském Oslu v roce 1994: „*používání služeb a příslušných výrobků, (resp. výroba produktů), které odpovídají základním lidským potřebám a zlepšují kvalitu jeho života, přičemž zároveň minimalizují spotřebu přírodních zdrojů, používání toxických látek, produkci emisí odpadů a škodlivin v průběhu jejich celého životního cyklu tak, aby nebylo ohroženo uspokojování potřeb budoucích generací*“ [25].

### 1.1.2 Uvažování v životních cyklech a environmentální výrobová politika

„*Koncepce životního cyklu je zahrnuta do rámce tzv. uvažování v životních cyklech LCT (angl. life cycle thinking). Tento koncept uvažuje environmentální dopady činností z holistického pohledu s cílem redukovat jejich intenzitu v celém životním cyklu produktu či činnosti. LCT definuje zodpovědnost každého uživatele kterékoli fáze životního cyklu produktu nebo služby za environmentální dopady spojené s libovolnou fází životního cyklu. Uživatel libovolného produktu je zodpovědný za spotřebu surovin, která provázela výrobu tohoto produktu, stejně jako environmentální dopady spojené s odstraněním produktu na konci jeho životního cyklu.*“ [20]

Myšlenkové základy metody LCA sahají k počátkům úvah o udržitelné spotřebě a udržitelné výrobě a následnému zrodu a rozvoji environmentální výrobově orientované politiky (angl. *environmental product oriented policy*), která se podle [26] „*zaměřuje na životní cyklus výrobku s účelem najít příčiny jeho hlavních negativních vlivů na životní prostředí a tyto příčiny odstranit, anebo jejich působení snížit. Cílem výrobově orientované environmentální politiky je stimulace výrobců k výrobě ekologicky šetrných výrobků, spočívající většinou ve snížení negativních vlivů procesních toků životních cyklů výrobku.*“

S nástupem devadesátých let 20. století se začíná uplatňovat tzv. stewardování produktu, neboli prodloužená odpovědnost výrobce za výrobek. Zakládá se na přesvědčení, že zodpovědnost za produkt pro výrobce nekončí výrobou, ale že výrobce je dále zodpovědný za vlastnosti výrobku ve fázi spotřeby i za zajištění odběru po jeho použití [23].

V případě rozšířené odpovědnosti za výrobek, jsou na odpovědnost výrobce kladeny ještě vyšší nároky. Rozšířená odpovědnost výrobce se vztahuje na celý životní cyklus výrobku. Na rozdíl od prodloužené odpovědnosti zahrnuje rovněž výběr surovin, materiálů a dodavatelů. Končí zneškodňováním a likvidací výrobku. Je tedy zřejmé, že tlak na rozšíření odpovědnosti výrobce, jednoho z aspektů LCT, vedl v praxi k rozvoji metody LCA [20, 23].

Později byla v Evropské unii rozvíjena myšlenka integrované produktové politiky (*angl. integrated product policy*) s integrovanými dopady na životní prostředí a zainteresovanými zájmovými skupinami (*angl. stakeholders*), ovlivněnými změnou životního cyklu výrobku.

V Zelené knize [13], vydané Evropskou unií v roce 2001, je definována jako: „*přístup, který se snaží snížit environmentální dopady výrobků z hlediska jejich celého životního cyklu, tzn. od získávání surovin, přes výrobu, distribuci, použití a nakládání se vzniklým odpadem, přičemž integrace environmentálních dopadů v každém stádiu životního cyklu výrobku je základním předpokladem, který by se měl odrážet v rozhodnutí všech zájmových skupin*“ [36].

### 1.1.3 Vývoj metody LCA

Poprvé k porovnávání environmentální dopadů produktů došlo v USA na přelomu 60. a 70. let minulého století. Porovnávání bylo provedeno ve výzkumném ústavu Midwest Research Institute (MRI) pomocí metody *Resource and Environmental Profile Analysis (REPA)*, do češtiny překládané jako „Zdroje a profilová analýza životního prostředí“. První takovou studii si v roce 1969 objednala společnost Coca-Cola k porovnání obalových materiálů svých nápojů [20, 25].

Zpětně o této metodě hovoříme jako o proto-LCA. Z počátku byla zaměřena zejména na hodnocení výrobku z hlediska spotřeby energie a surovin, což bylo do jisté míry způsobeno ropnou krizí, se kterou se v 70. letech výrazně zvýšil zájem o energetické a surovinové zdroje [20, 25]. V roce 1974 se z výzkumného ústavu MRI oddělili William

a Marjorie Franklinovi, kteří v Kansasu založili společnost Franklin Associates a začali samostatně provádět studie REPA. Za dobu, po kterou se k hodnocení environmentálních dopadů používá metoda typu LCA, provedla tato společnost nejvíce ucelených LCA studií vůbec [20].

Evropské státy si postupem času začaly uvědomovat problém zbytečně velké spotřeby obalů a s ním spojené plýtvání surovinami. A tak se americká metoda REPA začala využívat například ve Švýcarsku, Německu a Švédsku pro srovnávání různých způsobů balení nápojů, zejména z hlediska vhodnosti použitých materiálů. Kromě problematiky obalů se studie zaměřovaly ve velké míře také na odpadové hospodářství. Zájem o studie typu LCA na konci 80. let vzrostl natolik, že vznikla potřeba je sjednotit. Na společných setkáních – tematických workshopech – o to usilovaly průmyslové společnosti (Procter and Gamble, Tetra Pak), výzkumné společnosti (Battelle, Fraunhofer), vědecké ústavy (EMPA, CML) a konzultační společnosti (Franklin Associates, Écobilan) provádějící posuzování „od kolébky do hrobu“. Záštitu nad setkáními těchto subjektů měla Společnost toxikologie a chemie životního prostředí (Society of Environmental Toxicology and Chemistry – SETAC) [25, 20].

Na workshopu ve Smugglers Notch v americkém státě Vermontu byl v srpnu 1990 poprvé použit termín Life Cycle Assessment. Výstupy workshopu byly zpracovány a vznikla kniha s názvem A Technical Framework for Life Cycle Assessment [14], která poprvé definovala dodnes platné fáze LCA. Brzy poté, v září roku 1990, proběhl obdobný projekt v Evropě. Ve vlámské Lovani byly cílem workshopu snahy o sjednocování metod založených na životním cyklu produktů. Od té doby se pro metodu „od kolébky do hrobu“ používá výraz LCA [20, 22].

S nástupem 90. let byla při posuzování výrobku věnována stále větší pozornost jeho vlivu na lidské zdraví a životní prostředí. Výrazně se zvýšil zájem odborníků o metodu LCA a začal se používat pojem posuzování životního cyklu výrobku, popř. analýza životního cyklu. Nově se do hodnocení zahrnovala i likvidace výrobku po jeho použití [20, 25].

O rozvoj a rozšiřování LCA, především v oblasti inventarizace, se zasloužila společnost SPOLD (Society for the Promotion of Lifecycle Development), za jejímž vznikem v roce 1992 stál Nizozemec Nicolaas Tieme de Oude, známý také jako Nick de Oude, první výkonný ředitel skupiny SETAC-Europe, který skupinu řídil v letech 1992-2000. Společnost SPOLD mj. vyvinula metodu přenosu a sdílení dat (*angl. LCI data transfer*

*format*). V roce 2001 SPOLD svou činnost ukončila. Na její práci navázala iniciativa OSN UNEP-SETAC a dánská společnost 2.-0 LCA consultants, pod vedením Bo P. Weidemy [20, 27, 3].

V návaznosti na studie REPA byly rozvinuty metody pro inventarizaci. Vývojem prošla fáze LCIA neboli hodnocení dopadů životního cyklu. V tomto směru bylo navrženo několik způsobů, jak hodnotit dopady na životní prostředí. V roce 1991 byl v Leidenu představen dnes již rozšířený přístup navržený prof. Heliasem A. Udo de Haseem z Ústavu environmentálních věd v Leidenu (Institute of Environmental Sciences, CML), založený na principu „*přiřazení emisních toků jednotlivým kategoriím dopadu a precizního modelování výpočtu a určení charakterizačních faktorů jednotlivých elementárních toků pro zasažené kategorie dopadu*“ [20]. V Evropě se tento přístup ujal poměrně rychle, v USA byl přijat až po roce 2002 [20].

Od roku 1993 se v Evropě i v USA pracuje na standardizaci studií LCA. Po počátečním bouřlivém vývoji této metody, jsou její základní metodické postupy již upevněny. V posledních letech se pozornost zaměřovala zejména k vytváření jednotných databázových přístupů, společných databázových rozhraní a referenčních databází [20].

## 1.2 Standardizace LCA

Z důvodů, aby LCA studie nebyly interpretovány zavádějícím způsobem a aby nemohly být zneužívány pro marketingové účely, byla provedena jejich rychlá standardizace. Dnes pro LCA existují standardy s jednotným návodem, jak by takové studie měly vypadat a jak by měly být hodnoceny a publikovány. Důležité je, že platné standardy obsahují prvek kritického přezkoumání, což je jakési oponentní řízení prováděné již v průběhu zpracovávání studie [20].

Původní normy LCA studií ČSN EN ISO 14040 – Zásady a osnova; ČSN EN ISO 14041 – Stanovení cíle a rozsahu a inventarizační analýza; ČSN EN ISO 14042 – Hodnocení dopadů; ČSN EN ISO 14043 – Interpretace jsou od roku 2006 nahrazeny novými standardy ČSN EN ISO 14040 [7] a ČSN EN ISO 14044 [8].

Platná norma ČSN EN ISO 14040 je přepracovaná původní ČSN EN ISO 14040. Ucelená norma ČSN EN ISO 14044 ruší a nahrazuje původní ČSN EN ISO 14041-3, které byly po formální stránce revidovány.

ČSN EN ISO 14040 je českou verzí evropské normy EN ISO 14040:2006; ČSN EN ISO 14044 je českou verzí evropské normy EN ISO 14044:2006. Obě normy mají stejný status jako oficiální verze uvedených evropských norem.

V původní podobě zůstávají související ISO dokumenty, které uvádějí příklady ilustrující způsoby nebo možnosti hodnocení dopadů životního cyklu, ČSN ISO/TR 14047 [9] a ČSN ISO/TR 14049 [10]. V původní platné podobě zůstává i ČSN P ISO TS 14048 [11] o dokumentaci údajů inventarizační analýzy životního cyklu.

## 1.3 Životní cyklus produktu a produktový systém

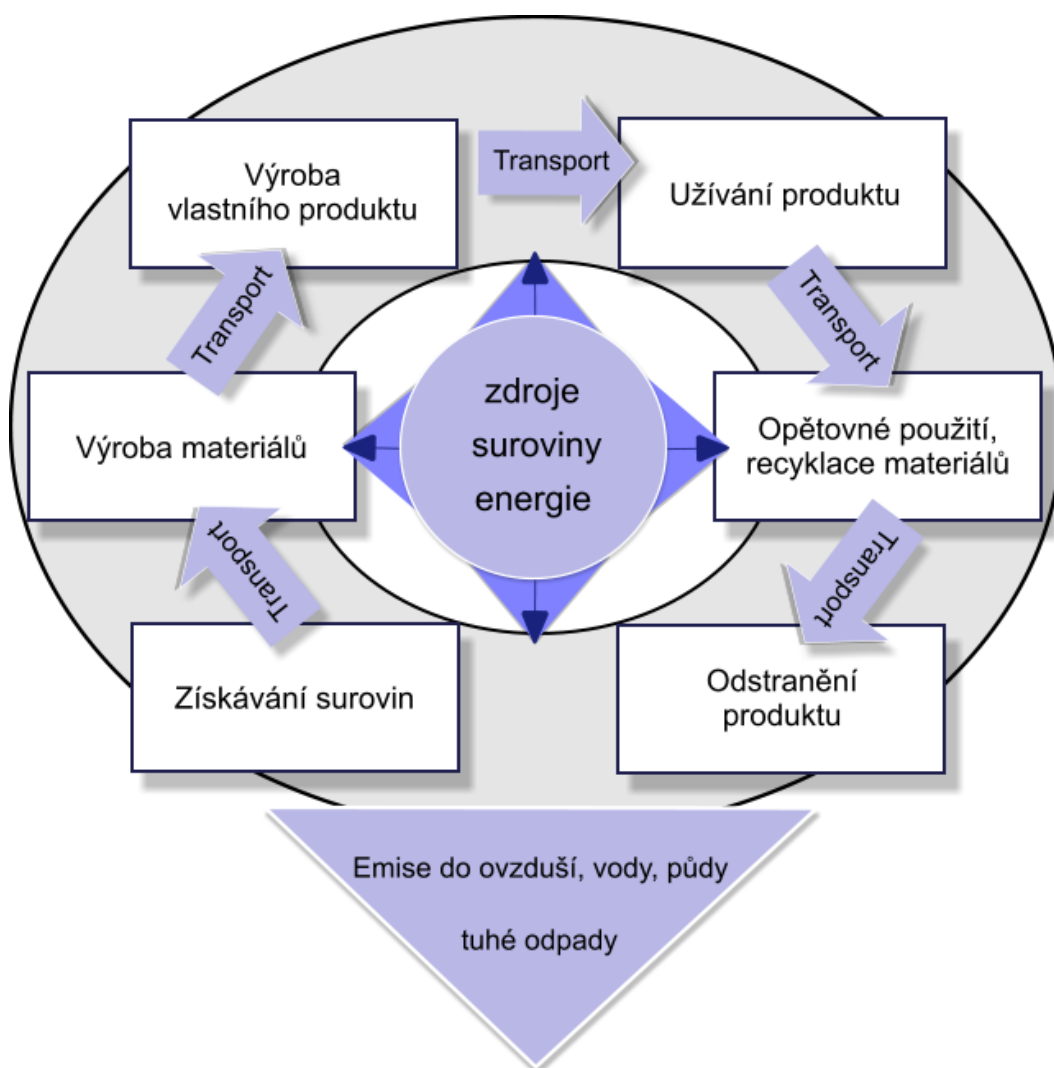
### 1.3.1 Životní cyklus produktu

Životní cyklus produktu (*angl. product life cycle*) je definován v normě ČSN EN ISO 14040 [7] jako: „*po sobě jdoucí provázaná stádia produktového systému, od těžby nebo získávání surovin z přírodních zdrojů ke konečnému odstraňování*“. Podle [26] se jedná o „*systém zahrnující všechny etapy, z nichž se skládá existence produktu (tj. výrobku nebo služby), a to postupně od etapy získávání surovin potřebných k jeho výrobě, přes etapy zahrnující výroby potřebných materiálů a výrobu vlastního výrobku, dále etapu používání produktu (včetně údržby) a nakonec etapu odstraňování (likvidace) použitého, již nepotřebného produktu*“.

Pojem „cyklus“ vystihuje skutečnost, že základní suroviny, které jsou zapotřebí k výrobě určitého výrobku, pocházejí z přírody a tyto látky, i když v jiné formě, jsou do přírody při likvidaci výrobku také navraceny [24].

### 1.3.2 Produktový systém

Produktový systém (*angl. product system*) je soubor všech procesů a operací, podílejících se na fázích životního cyklu produktu. Produkt během svého „života“ prochází fází získávání surovin a výroby materiálů, fází výroby vlastního produktu, fází užívání produktu, v některých případech do životního cyklu vstupuje fáze opětovného použití produktu či recyklace materiálů a nakonec nastává fáze odstranění nepotřebného produktu [20].



Obrázek 1.1: Životní cyklus produktu, podle [29], upraveno.

Norma ČSN EN ISO 14040 [7] definuje výrobní systém jako „*soubor materiálově a energeticky propojených jednotkových procesů, které vykonávají jednu nebo více definovaných funkcí*“.

Každá etapa životního cyklu je složena z různého počtu procesů. Složitější proces v sobě může obsahovat ještě podprocesy. Pokud určitý proces nelze dále rozdělovat na podprocesy, jedná se o tzv. jednotkový proces, definovaný normou ČSN EN ISO 14040 [7] jako „*nejmenší část výrobního systému, pro kterou jsou sbírány údaje během provádění posuzování životního cyklu*“.

## Procesy a toky

Produktový systém je tvořen procesy a toky. Procesy (*angl. process*) jsou jednotlivé operace, při nichž se vstupy přeměňují na výstupy, a toky (*angl. flow*) jsou spojnice těchto procesů. Neboli tok je výstupem z procesu předcházejícího a zároveň vstupem procesu následného [20].

Mezi toky vstupujícími do procesu produktového systému rozlišujeme tzv. pomocný tok, pro nějž je charakteristické, že není obsažen v konečném produktu. Pomocný tok existuje jak na vstupu, tak na výstupu určitého procesu a obvykle plní funkci nezbytnou pro jeho fungování (např. funkci katalyzátoru či maziva). Zahrnutí pomocných toků do hodnocení environmentálních dopadů produktů je jedna z hlavních myšlenek LCA [20].

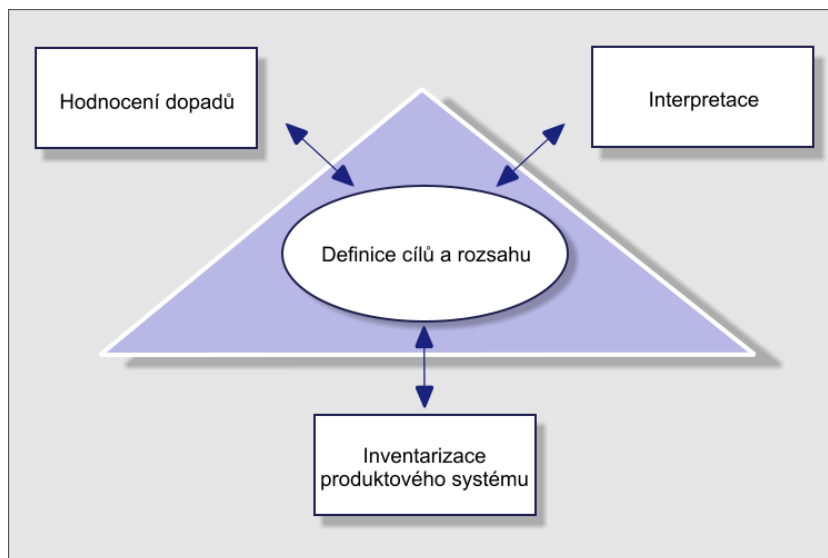
## 1.4 Fáze metody LCA

Studie LCA je tvořena čtyřmi základními fázemi v tomto pořadí:

1. Definice cílů a rozsahu,
2. Inventarizace,
3. Hodnocení dopadů,
4. Interpretace.

Všechny fáze metody jsou spolu provázány. To je znázorněno obousměrnými šipkami ve schématu 1.2. Jednotlivé fáze metody LCA se vzájemně ovlivňují. Informace získané





Obrázek 1.2: Fáze LCA, podle [20, 29], upraveno.

v určité fázi, mohou ovlivnit východiska předcházející fáze, které je nutné přehodnotit a pokračovat opět následnou fází. Metoda LCA má iterativní podstatu [20].

### 1.4.1 Fáze č. 1: Definice cílů a rozsahu

První fází procesu posuzování životního cyklu je definice cílů a rozsahu studie (*angl. goal and scope definition*). V této etapě je přesně definováno, co projde procesem posuzování a jakým způsobem to bude provedeno. Dochází ke specifikaci posuzovaného produktu a charakterizování studie LCA. Při definování cílů je stanoven předmět, obsah a význam studie. Také by mělo být popsáno zamýšlené použití studie a rozsah její platnosti. Při definování rozsahu studie je rozlišován rozsah technický a procedurální [20].

Technická specifikace studie zahrnuje stanovení funkce produktu, funkční jednotky a referenčního toku. Funkční jednotka (*angl. functional unit*) udává velikost funkce, kterou od posuzovaného produktu očekáváme. Referenční tok (*angl. reference flow*) pak představuje množství produktu, které je potřebné k naplnění funkční jednotky. Dále je třeba jasně vymezit hranice systému (*angl. system boundary*), na nichž závisí komplexita celé studie [20, 12].

*„Funkce, funkční jednotka a referenční tok jsou základní a nezbytné pojmy LCA.“*

*Funkce se určuje tak, aby relevantním způsobem popisovala posuzovaný systém. Funkční jednotka musí být měřitelné vyjádření funkce a referenční tok se volí tak veliký, aby materiálové a energetické toky od něho odvislé byly v dobře měřitelných či ekonomicko-provozně reálných hodnotách.“ [16]*

Při stanovování funkční jednotky je nutné přehledně popsat životní cyklus výrobku. K přehlednému popisu životního cyklu slouží diagramy. Vytvoření přehledového (celkového) diagramu slouží k základní orientaci v životním cyklu. Rozdělením přehledového diagramu na dílčí, podrobnější diagramy se snažíme rozepsat životní cyklus na úroveň jednotlivých technologických operací. Rovněž je nutné specifikovat komu a k jakému účelu bude LCA studie sloužit [28].

Procedurální specifikací se rozumí procedurální kontext studie, důležitý pro její věrohodnost. Zahrnuje se do ní způsob vypracování studie, podmínky její platnosti, způsob sběru dat, požadavky na jejich kvalitu atd. Všechny procedurální požadavky jsou součástí norem ČSN EN ISO 14040 a ČSN EN ISO 14044 [7, 8].

### 1.4.2 Fáze č. 2: Inventarizace

Ve druhé fázi LCA jsou zjišťovány všechny elementární toky vstupující a vystupující ze systému vymezeného jeho hranicemi; v nejlepším případě celého životního cyklu produktu, podle principu „od kolébky do hrobu“ (*angl. cradle-to-grave*). Při inventarizaci je zapotřebí identifikovat a vyčíslit všechny materiálové a energetické toky, které se vyskytují ve studovaném systému. Jedná se o toky vstupující do životního cyklu produktu a toky z něj vystupující, které dále působí v životním prostředí [20, 29].

Podstatou této fáze LCA je modelování produktového systému, obvykle provedené specializovaným databázovým softwarem. Ze znalosti životního cyklu výrobku a na základě vymezených hranic systému se nejdříve určí všechny procesy a jejich vstupy a výstupy. Doplněním procesů o materiálové a energetické toky do funkčního celku je dáno schéma produktového systému [20].

Konkrétní hodnoty vstupů a výstupů přibývají do schématu produktového systému ve fázi sběru dat, která je vůbec nejnáročnější fází LCA. Hodnoty vstupů jednotlivých procesů, např. spotřeba energie, spotřeba vody a surovin, je možné získat od výrobců z faktur. Výstupní data, např. emise do ovzduší, vody a půdy, jsou dostupné jen velmi obtížně anebo vůbec [20].

Při modelování se setkáváme s problémem alokace, což je podle [20] „řešení otázek souvisejících se skutečností, kdy tok vystupující z jednoho procesu může být zaústěn do dvou procesů následných nebo se může podílet na vzniku dvou různých produktů vznikajících paralelně v jednom procesu.“ V odborné literatuře se taková situace popisuje jako *multi-output processes*. Příkladem je výroba benzínu frakční destilací ze surové ropy, při níž nevzniká pouze benzin, ale i další produkty jako petrolej, nafta a mazut. Otázkou k řešení pak je, jakým způsobem přidělit emise a spotřebu zdrojů výrobě samotného benzínu [29]. Alokaci je zapotřebí řešit také tehdy, „jestliže je identický tok ze dvou různých zdrojů (předchozích procesů) zaústěn do jednoho procesu“ [20]. Jedná se o tzv. *multi-input processes*. Příkladem může být igelitový sáček, u kterého předpokládáme, že ve fázi odstranění bude spálen ve spalovně odpadu spolu s mnoha dalšími produkty. Otázkou je, do jaké míry se spalování igelitového sáčku bude podílet na emitovaných látkách znečišťujících životní prostředí. Tyto otázky řeší právě alokace [29].

Při alokaci řešíme, jakým způsobem budou rozděleny vstupy a výstupy procesu mezi více produktů, které v procesu vznikají. Alokace se obvykle provádí na základě hmotnosti, počtu kusů nebo ekonomické hodnoty jednotlivých produktových toků, když vyjádříme, jaká část vstupů a výstupů připadá na posuzovanou funkční jednotku. Pro správné zvolení alokačního pravidla je důležité vzít do úvahy funkci daného procesu, jehož dopady hodláme alokovat mezi více výstupů [20].

Výstupem inventarizace je soubor dat o vstupujících a vystupujících energetických a materiálových tocích v rámci produktového systému. Na konci inventarizační analýzy by mělo být známo, jaké množství přírodních zdrojů a surovin bylo během životního cyklu produktu spotřebováno a jaké látky a v jakém množství byly emitovány do životního prostředí. Tyto výsledky jsou znázorňovány tzv. ekovektory a zapisují se do tzv. inventarizačních tabulek [20].

### 1.4.3 Fáze č. 3: Hodnocení dopadů životního cyklu

Ve fázi hodnocení dopadů životního cyklu LCIA (*angl. life cycle impact assessment*) jsou ekovektory produktových systémů převáděny na hodnoty jiných veličin, které vystihují míru zasažení jednotlivých problémů životního prostředí. Výhodou posuzování dopadu životního cyklu je možnost měřitelného porovnání environmentálních dopadů různých produktových systémů a vzájemného srovnání jejich závažnosti. To

je umožněno využitím kategorií dopadu. Kategorie dopadu jsou definované problémy životního prostředí, na nichž se podílí lidstvo svou činností, např. globální oteplování, ekotoxická či eutrofizace. Každý takový specifický problém je zpravidla způsobován určitým souborem elementárních toků, obvykle skupinou určitých látek vstupujících do životního prostředí. Zjednodušeně lze říci, že globální oteplování způsobuje skupina skleníkových plynů, ekotoxicitu působí toxické látky a eutrofizaci nutrienty. Elementární tok vycházející z produktového systému vstupuje do životního prostředí a začíná v něm působit. Od okamžiku vstupu elementárního toku do životního prostředí, přes působení v něm, až po určitý environmentální účinek hovoříme o dopadovém řetězci (*angl. cause – effect chain*). Na konci dopadového řetězce stojí účinek na životní prostředí – tzv. indikátor kategorie dopadu. Indikátor, jakožto měřitelná veličina s definovanými jednotkami, umožňuje sledovat, jakým způsobem se rozvíjí určitá kategorie dopadu v důsledku lidské činnosti [4, 15, 20].

Hodnocení dopadů životního cyklu začíná klasifikací. Nejprve je třeba přiřadit všechny elementární toky obsažené v ekovektoru produktového systému jednotlivým kategoriím dopadu. Poté je nutné vyčíslit, jak silně se dané elementární toky podílejí na rozvoji dané kategorie. Tato fáze hodnocení dopadů se označuje jako charakterizace. Po vyčíslení zásahů do určitých kategorií je potřeba tyto výsledky normalizovat. Normalizace převádí výsledky indikátorů kategorií dopadu na bezrozměrná čísla, obvykle jako podíl z celkové způsobené škody v dané kategorii dopadu. Provádí se tehdy, když chceme porovnat významnost zásahů do různých kategorií dopadu. U některých LCA studií se uplatňuje tzv. vážení. Používá se tehdy, chceme-li srovnat významnost kategorie dopadu s ohledem na ekonomicko-sociální hlediska [20].

#### 1.4.4 Fáze č. 4: Interpretace

V závěrečné fázi jsou uspořádávány informace z předchozích fází LCA. Ke strukturalizaci dat slouží strukturalizační tabulky, které – na rozdíl od tabulek inventarizačních – obsahují hodnoty výsledků indikátorů kategorií dopadu. Při interpretaci se formulují a prezentují důležité poznatky typu: „ *které stádium životního cyklu produktu se nejvíce podílí na environmentálních dopadech*“ nebo „ *která kategorie dopadu je nejvíce zasažena*“. Tento typ poznatku je nazýván významným zjištěním [20].

Pro zvýšení důvěryhodnosti studie se provádí hodnocení LCA studie. Cílem hodnocení je sledování spolehlivosti průběžných a konečných výsledků, ověření platnosti významných zjištění a zhodnocení kvality údajů. Je zkoumána a ověřována především úplnost, citlivost a konzistence studie. V posledním kroku LCA je třeba formulovat závěry, mezi nimiž by neměla chybět všechna významná zjištění a souhrny analýz z hodnocení studie. Je nutné posoudit, zda jsou závěry v souladu s definicí cílů a rozsahu a uvést omezení jejich platnosti. Činnosti, prováděné ve fázi interpretace, můžeme shrnout do těchto bodů (podle [20]):

- identifikace významných zjištění (*angl. significant issue*),
- hodnocení (*angl. evaluation*),
- formulace závěrů a doporučení.

## 1.5 Metodika LCIA

Metodika LCIA je soubor charakterizačních modelů, který převádí hodnoty velikostí elementárních toků na indikátory všech kategorií dopadu, se kterými daná metodika pracuje. Metodikou používané kategorie dopadu mohou být tzv. midpointové nebo tzv. endpointové. Midpointové metodiky vyjadřují dopady elementárních toků pomocí vlastností společných pro elementární toky podílející se na stejné kategorii dopadu. Vztah mezi elementárním tokem a indikátorem kategorie dopadu je vždy jasně definovaný a měřitelný, založený na přírodních zákonitostech. Zjednodušeně řečeno – midpointové metodiky mají exaktnější základ, ale jsou hůře interpretovatelné. Výsledky endpointových charakterizačních modelů jsou obecně srozumitelnější, avšak modely předpokládají značnou míru zjednodušení [20].

Tabulka 1.1: Přehled metodik LCIA podle kategorií dopadu

Midpointové	Kombinující	Endpointové
EDIP 97	IMPACT 2002+	Eco-indicator 99
CML-IA		EPS 2000
TRACI		Ekofaktor

## 1.6 Nástroje LCA

Níže jsou uvedeny nejznámější softwarové nástroje pro zpracování LCA studií, jak je udává [32]:

- GaBi (Pe International, Německo),
- SimaPro (Pré Consultants, Holandsko),
- Umberto (ifu Hamburg, Německo),
- Boustead Model (Boustead Consulting, Velká Británie).

## 1.7 Další analytické nástroje environmentálního managementu

Mezi hlavní analytické nástroje environmentálního managementu patří vedle posuzování životního cyklu LCA následující metody [20]:

- Náklady životního cyklu LCC (*angl. life cycle costing*),
- Hodnocení environmentálních rizik ERA (*angl. environmental risk assessment*),
- Cost Benefit Analysis CBA,
- Input-output analysis IOA,
- Účetnictví materiálových toků MFA (*angl. material flow analysis*),
- Substance flow analysis SFA.

## Kapitola 2

# Výroba vstřikovacích jednotek v posuzované společnosti

### 2.1 Představení posuzované společnosti

Akciová společnost Motorpal se sídlem v Jihlavě patří mezi významné světové výrobce vstřikovacích systémů pro dieselové motory. Tato ryze česká firma specializovaná na přesné strojírenství, s tradicí výroby od roku 1946, je jedním z nejvýznamnějších zaměstnavatelů v kraji Vysočina. Klíčovými produkty firmy jsou vstřikovací čerpadla, vstřikovače, vstřikovací trysky pro vznětové motory a přesně obráběné dílce pro automobilový průmysl. Motorpal je kvalifikovaným OEM partnerem řady současných výrobců motorů. Zákazníkům poskytuje klientský přístup a komplexní služby přes vývoj, vzorkování a naladění vstřikovací soupravy na daný motor až po sériové dodávky. Firma je certifikována podle norem ISO 9001, ISO/TS 16949 a ISO 14001. V současné době má společnost čtyři výrobní závody – v Jihlavě, Jemnici, Batelově a ve Velkém Meziříčí [33].

Posouzení potencionálního vlivu bylo provedeno ve výrobním závodu Batelov, kde probíhá výroba elementů a vstřikovacích jednotek 2.1. Element vstřikovacího čerpadla složený z válce a pístu zajišťuje přesné dávkování paliva čerpadlem do válců dieselového motoru pomocí regulačních hran. Posuzovány byly vstřikovací jednotky typu M3. Ty jsou dále prodávány jako náhradní díl na tuzemský trh do servisů nebo montovány do vstřikovacích čerpadel, jejichž největším tuzemským odběratelem je firma Zetor [17].



Obrázek 2.1: Ukázka elementů a vstříkovacích jednotek vyráběných společností Motorpal. Převzato z: [17].



Obrázek 2.2: Motorpal, a.s. – závod Batelov. Převzato z: [17].

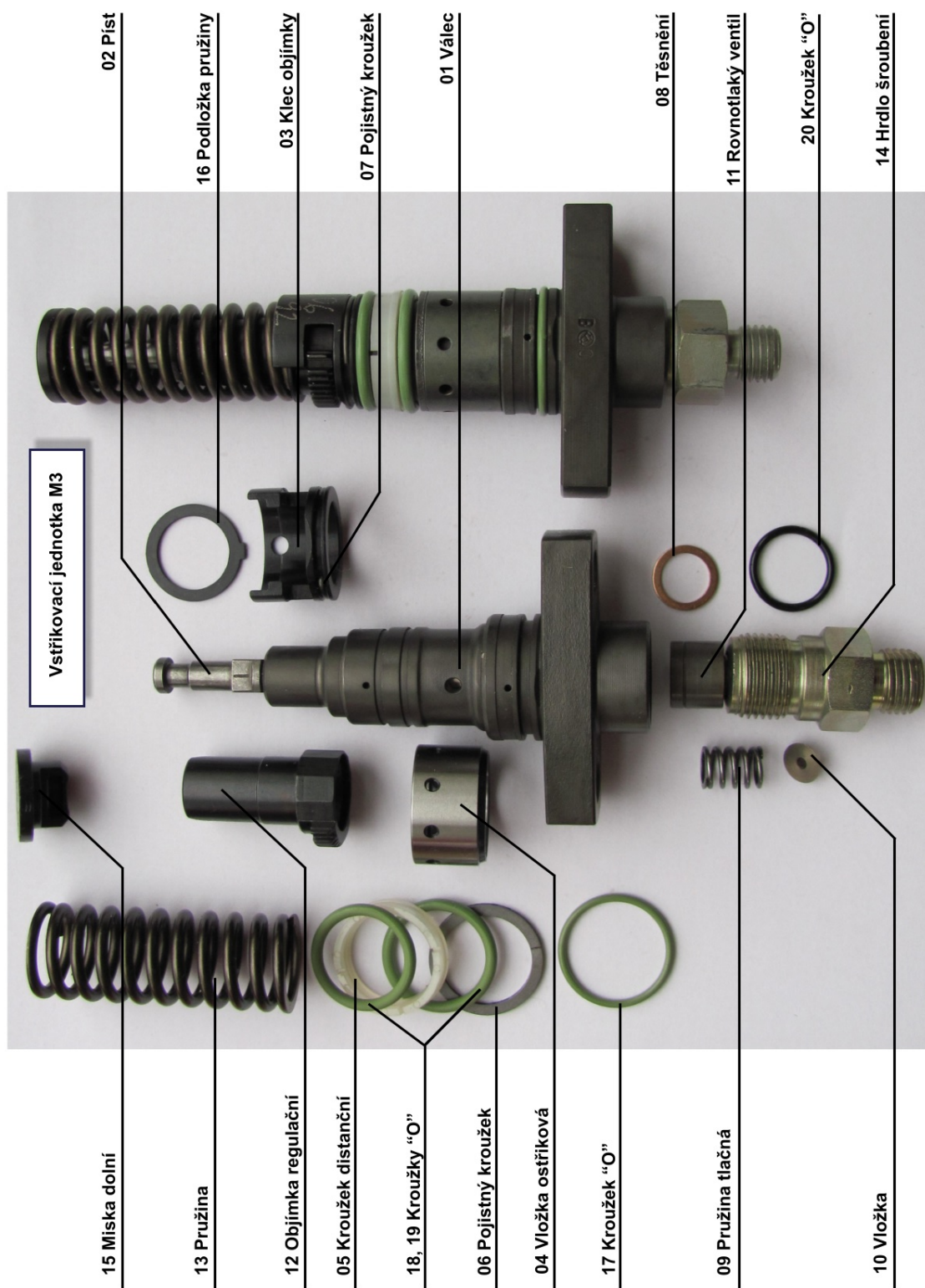


## 2.2 Specifikace produktu a jeho životní cyklus

Vstřikovací jednotka M3 se skládá z pístu M3 a válce M3, společně tvořících element M3, a dalších komponent, které jsou na element následně montovány. Jednotlivé komponenty, ze kterých je složena vstřikovací jednotka M3 názorně zobrazuje obrázek 2.3. Tabulka 2.1 specifikuje materiál a hmotnost jednotlivých součástí vstřikovací jednotky.

Tabulka 2.1: Materiál a hmotnost komponentů

č.	Název	Materiálová norma	Hmotnost [g]
1	Válec	16MnCr5	188,0
2	Píst	100Cr6	36,0
3	Klec objímky	C45	12,0
4	Vložka ostříková	C45	14,0
5	Kroužek distanční	PA6+30%SV	0,5
6	Pojistný kroužek	Ck55	0,6
7	Pojistný kroužek	EN10270-1DH	0,5
8	Těsnění	ČSN EN 1652 CW52K H125	1,0
9	Pružina tlačná		1,0
10	Vložka	12050	1,0
11	Rovnotlaký ventil	16MnCr5	15,0
12	Objímka regulační	11140	15,0
13	Pružina	2VDSiCr	30,0
14	Hrdlo šroubení	C35pB	57,0
15	Miska dolní	16MnCr5	13,0
16	Podložka pružiny	12060	1,0
17	Kroužek "O" 21,95 × 1,78	FPM 70 (Viton)	0,1
18	Kroužek "O" 20,30 × 2,62	FPM 70 (Viton)	0,1
19	Kroužek "O" 18,72 × 2,62	FPM 70 (Viton)	0,1
20	Kroužek "O" 15 × 1,8	NBR 80	0,1



Obrázek 2.3: Komponenty vstříkovací jednotky.

### 2.2.1 Výroba pístů M3 ve společnosti Motorpal

Píst M3 je vyráběn z polotovaru (na obr. 2.4), který firmě Motorpal dodává společnost BANES Soběslav. První operací prováděnou na tomto polotovaru je broušení plošky na hlavičce pístu na brusce BPH 20 (na obr. 2.6). Následně je na polotovaru pístu prováděno frézování plošek a stop drážek, k němuž slouží jednoúčelový stroj Rc340. Po frézování je píst vyprán v pračce ADS 200.

Následuje frézování boků křídla, které je prováděno na frézce FA3U. Poté dochází ke značení pístu, při němž je razníkem na křídlo pístu shora a zdola vyražen příslušný symbol – tzv. zásek a typ. Po obrábění je třeba ručně odjehlit ostřiny pomocí drátěných kartáčů.

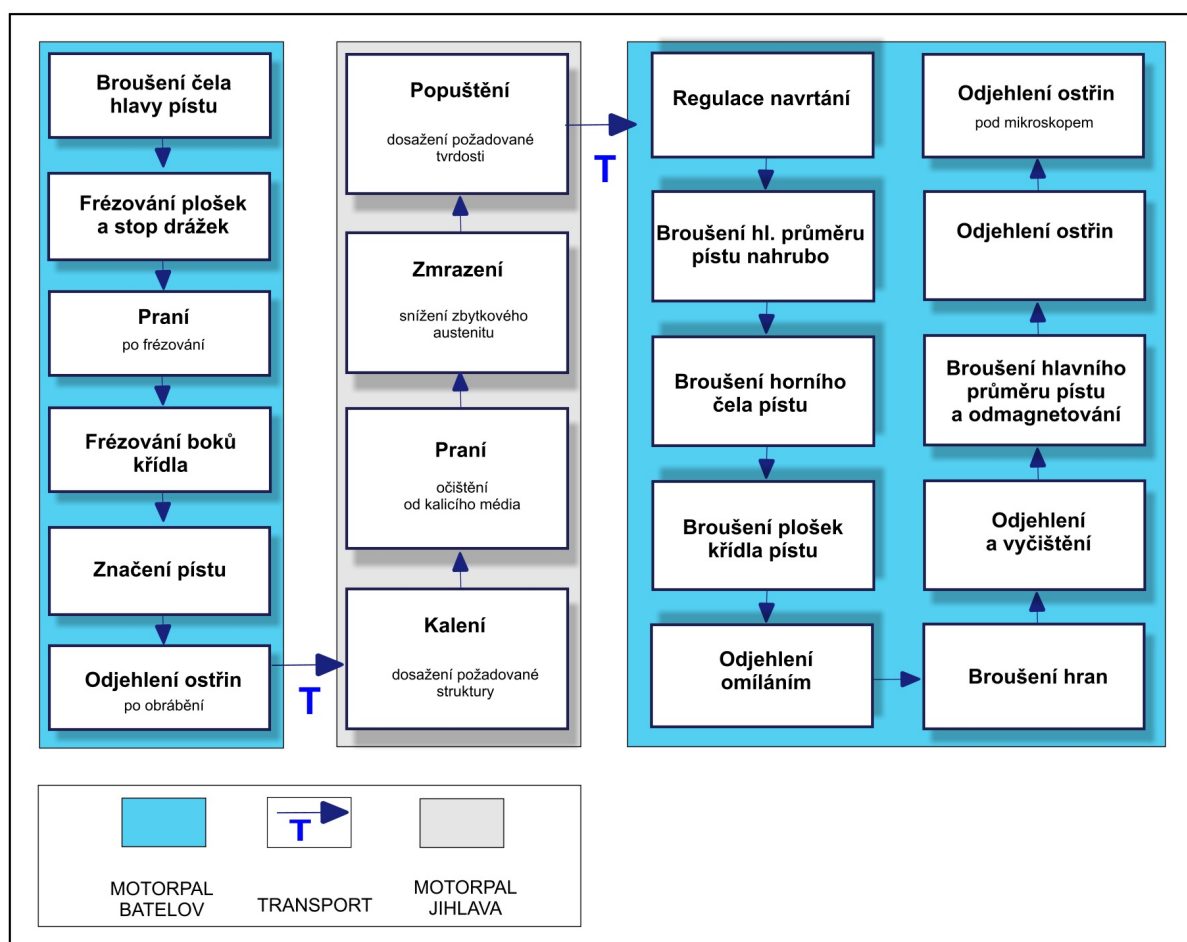
Pro dosažení požadované struktury probíhá na zařízení TQFR-4 EM kalení pístu, po němž následuje praní v pračce WPS-4-E a popouštění pro dosažení požadované trdoti. Tyto operace jsou prováděny v závodu Jihlava, jak je uvedeno ve schématu na obrázku 2.5.

Po tepelném zpracování přichází na řadu regulace navrtání – úkon nutný pro úspěšné provedení dalších operací. Jedná se o vystředění a vyčištění důlku. Výroba pístu pokračuje broušením hlavního průměru čela. Hrubování dříku se provádí na hrotové brusce ABF 300 (viz obr. 2.7). Broušení čela dříku je prováděno na kotoučové brusce BSBK pro broušení čel pístů v pouzdrech, která jsou upevněna v otočném stole. K následnému broušení plošek křídla pístu slouží již zmiňovaná bruska BPH 20 (obr. 2.8).

Ve vibračním zařízení spiratron FM3A je prováděno odjehlení pomocí omílacích kamenů (obr. 2.9). K broušení řídících hran a drážek se využívá produkční bruska ANCA RX7 (obr. 2.10). Následuje ruční odjehlení ostřin pomocí kartáčů. Poté se na hrotové brusce BUA 25 brousí hlavní průměr pístu. Po broušení dochází k odmagnetování pístu mezi elektromagnety. Poslední operací před párováním pístu s válcem je 100% odjehlení ostřin v označených místech pod mikroskopem (obr. 2.11).



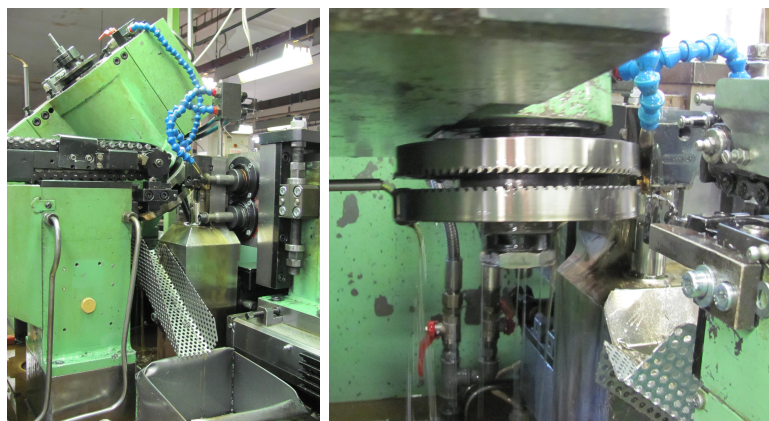
Obrázek 2.4: Polotovar pístu M3



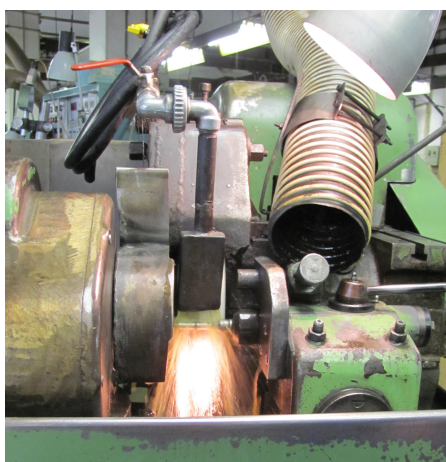
Obrázek 2.5: Výrobní proces pístu M3

Tabulka 2.2: Výroba pístů M3

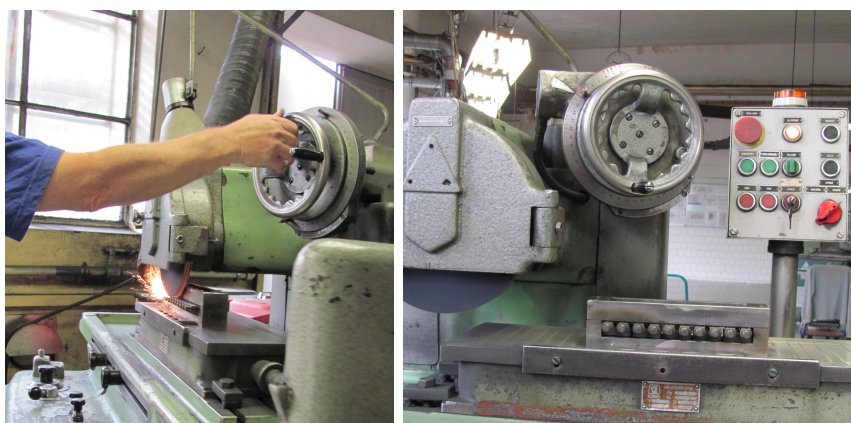
Popis operace	Zařízení
Broušení čela hlavy pístu	bruska BPH 20
Frézování plošek a stop drážek	Rc340
Praní	ADS 200
Frézování boků křídla	FA3U
Značení pístu	lis
Odjehlení ostřin	drátěný kartáč
Kalení	TQFR-4 EM
Praní	WPS-4-E
Zmrazení	GTS 350 80S
Popouštění	D-4-ER
Regulace navrtání	V103
Broušení hlavního průměru pístu nahrubo	ABF 300
Broušení horního čela pístu	BSBK
Broušení plošek křídla pístu	BPH 20
Odjehlení omíláním	FM3A
Broušení hran	ANCA RX7
Odjehlení a vyčištění	drátěný kartáč
Broušení hlavního průměru pístu	BUA 25
Odmagnetování	elektromagnet
Odjehlení ostřin pod mikroskopem	mikroskop



Obrázek 2.6: Bruska BPH 20 (Kulhánková, 2014)



Obrázek 2.7: Broušení hlavního průměru čela na hrotové brusce ABF 300 (Kulhánková, 2014)

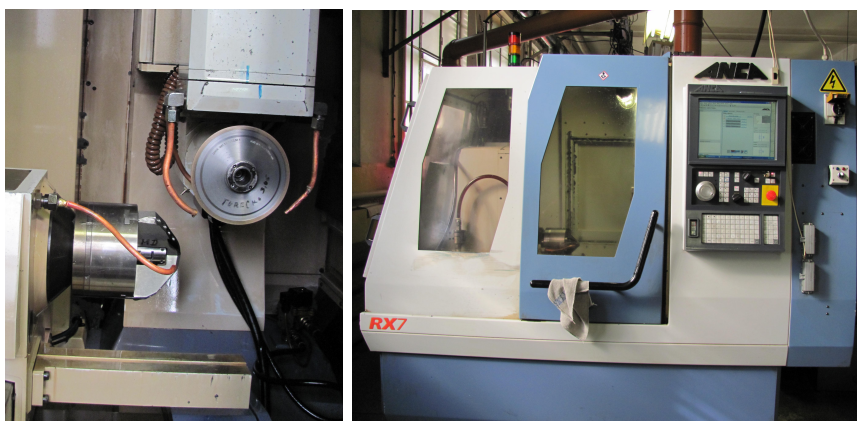


Obrázek 2.8: Broušení plošek křídla pístu na brusce BPH 20 (Kulhánková, 2014)





Obrázek 2.9: Spiratron FM3A (Kulhánková, 2014)



Obrázek 2.10: Bruska ANCA RX7 (Kulhánková, 2014)



Obrázek 2.11: Odjehlení ostřin pod mikroskopem (Kulhánková, 2014)

### 2.2.2 Výroba válců M3 ve společnosti Motorpal

Výkovek pro výrobu válce typu M3 (obr. 2.12) dodává Motorpalu firma SWR Jihlava. První operací prováděnou v závodu Batelov je obrábění výkovku na zařízení NAKAMURA WT100 (obr. 2.14). Následuje odjehlení otvorů po soustružení a praní v pračce ADS200. Na zařízení Rc571 (obr. 2.15) jsou pak elektrolyticky odjehlovány proniky sacích otvorů.

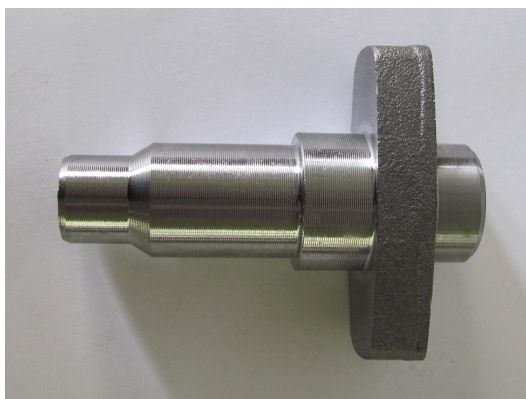
Operace kalení, popouštění, praní a pískování jsou prováděny v závodu Motorpal Jihlava, jak je uvedeno ve schématu na obrázku 2.13.

Na zařízení DVA10 je předhonován hlavní otvor (obr. 2.16). Následná operace vypalování zápichu se provádí na zařízení Rc571. Průměry a čelo válce jsou broušeny na zařízení SASSE 200/06 (viz obr. 2.17). Poté jsou dílce prány a konzervovány v pračce Rc880.

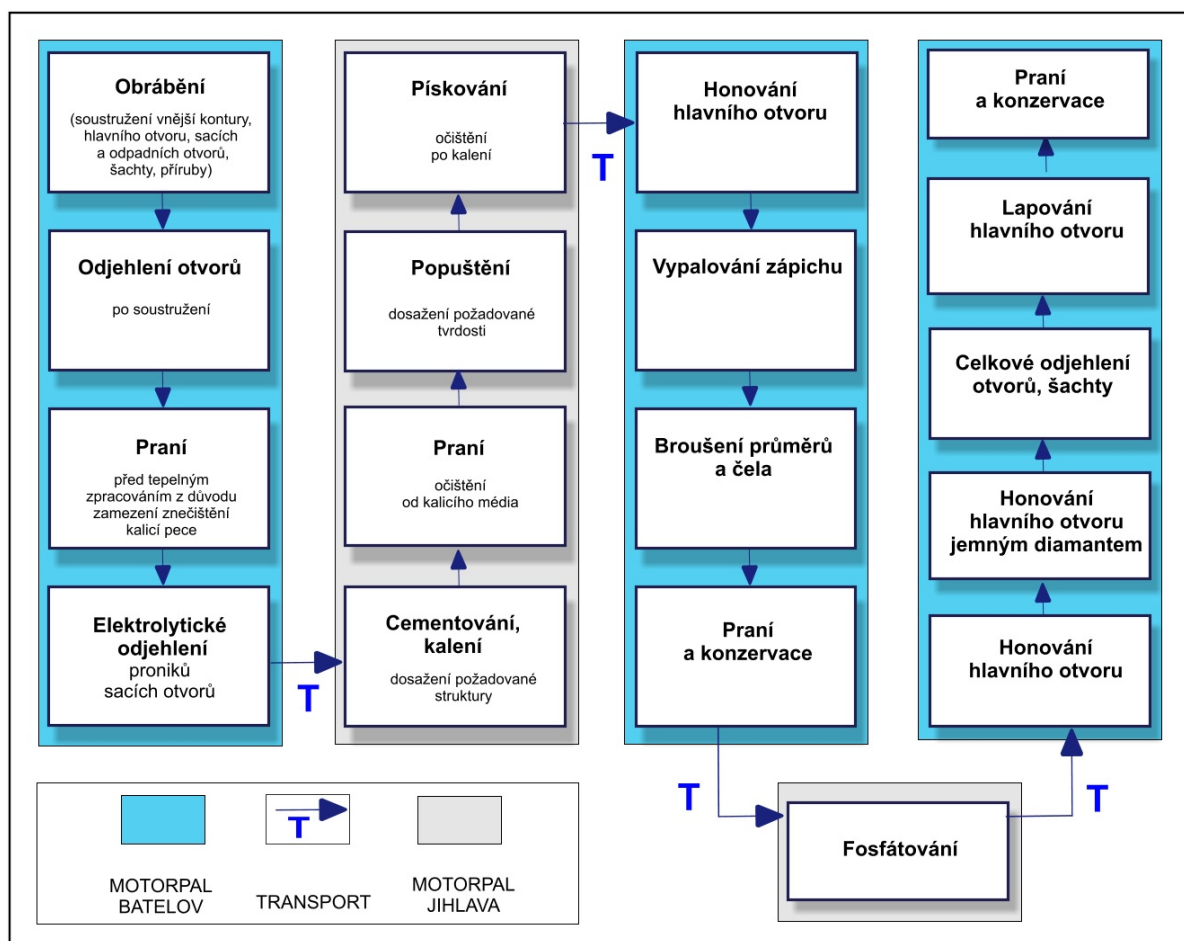
Fosfátování je prováděno v závodu Motorpal Jihlava.

K honování hlavního otvoru slouží honovací stroj DVA10 a poté se hlavní otvor honuje jemným diamantem na Rc805/2. Následuje celkové odjehlení otvorů a šachty, lapování hlavního otvoru (viz obr. 2.18), praní v pračce Rc880 (viz obr. 2.19) a ruční konzervace.





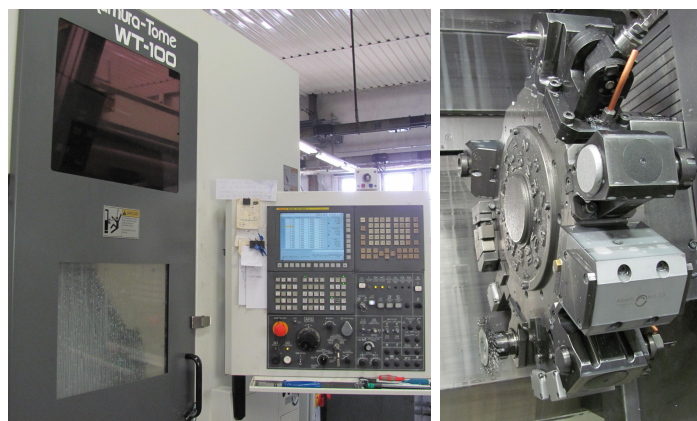
Obrázek 2.12: Výkovek pro výrobu válce M3



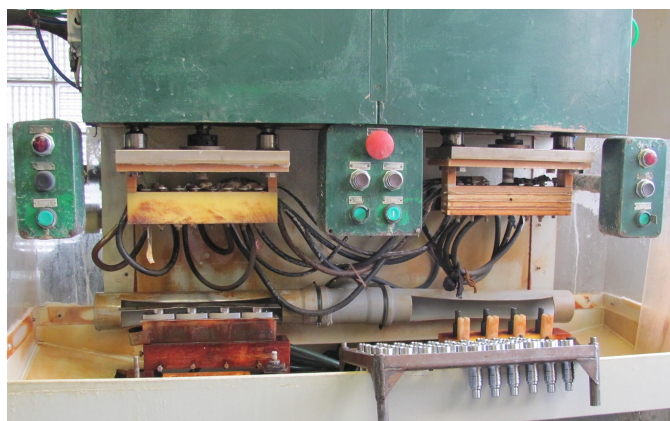
Obrázek 2.13: Výrobní proces válce M3

Tabulka 2.3: Výroba válců M3

Popis operace	Zařízení
Obrábění	NAKAMURA WT100
Odjehlení otvorů	odjehlovací nástroje
Praní	ADS200
Vypalování proniků	Rc571
Cementování, kalení	TQFR-4 (5) EM
Tryskání	TMSO2.46
Předhonování	DVA10
Vypalování zápichu	Rc571
Broušení průměrů a čela	SASSE 200/06
Praní a konzervace	Rc880
Fosfátování	linka
Honování hlavního otvoru	DVA10
Honování jemným diamantem	Rc8052
Celkové odjehlení	odjehlovací nástroje
Lapování hlavního otvoru	Rc815
Praní a konzervace	Rc880, ruční konzervace



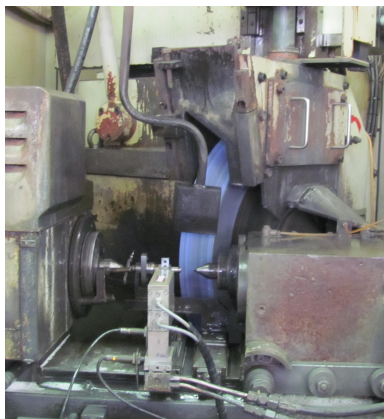
Obrázek 2.14: Obráběcí centrum Nakamura WT100 (Kulhánková, 2014)



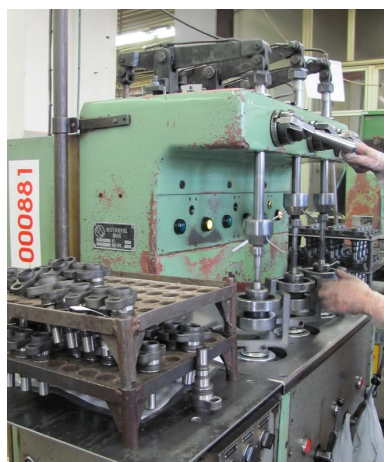
Obrázek 2.15: Zařízení Rc571 pro elektrolytické odjehlování proniků sacích otvorů a vypalování zápichu (Kulhánková, 2014)



Obrázek 2.16: Předhonování hlavního otvoru (Kulhánková, 2014)



Obrázek 2.17: SASSE 200/06 pro broušení průměrů a čela válce (Kulhánková, 2014)



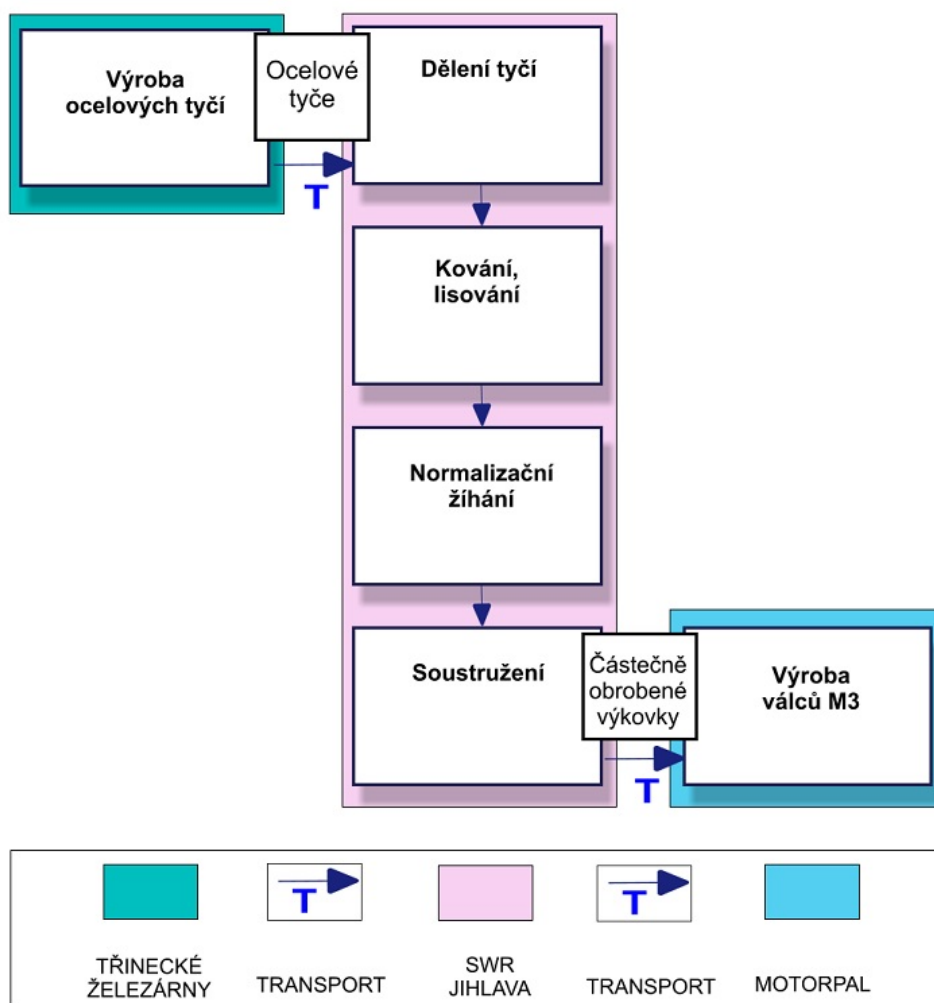
Obrázek 2.18: Lapování hlavního otvoru (Kulhánková, 2014)



Obrázek 2.19: Pračka Rc880 a absorbér (Kulhánková, 2014)

### 2.2.3 Výrobní proces výkovků pro výrobu válce M3

Na počátku zkoumaného výrobního procesu v závodu Motorpal Batelov stojí již částečně obrobený výkovek pro válec. Schéma na obrázku 2.20 dokumentuje proces, který předchází samotné výrobě válce M3 v závodu Motorpal Batelov. Do LCA studie tato část procesu není zahrnuta.



Obrázek 2.20: Výrobní proces výkovku pro válec M3

**Materiál a transport** Na výrobu výkovků typu M3 (obr. 2.12) v roce 2013 byly používány ocelové kruhové tyče, ČSN 14220, o průměru 26 mm a délce 6 m, vyrobené Třineckými železárnami. Z Třince do Jamného u Jihlavy byly přepravovány nákladním

automobilem o nosnosti 24 tun. Tento nákladní automobil má průměrnou spotřebu 50 litrů nafty na 100 km. 70 tun oceli, spotřebovaných na výrobu výkovků typu M3 v roce 2013, bylo přepraveno ve třech dávkách.

**Dělení tyčí** Ocelové kruhové tyče o hmotnosti cca 25 kg byly řezány na kotoučové pile EXATCUT MAC65A o celkovém příkonu 11 kVA. Při této operaci dochází k přibližně 3 % úbytku materiálu. Hmotnost jednoho nářezu je 0,56 kg.

**Kování, lisování** Materiál byl obvykle ohříván v plynové komorové peci nebo pomocí indukčního ohřívače KSO 250/4-A38L. Pro plynovou pec není v dokumentaci uvedeno, jaký má příkon. Celkový maximální příkon indukčního ohřívače je 315 kVA. Lisování v zápustce probíhalo pod vřetenovým lisem LFJ 250, (tvářecí síla je 250 tun), jehož příkon činí 22 kW. Podle druhu ohřevu na kovací teplotu je za 8 hodin vyrobeno z plynové pece 1200 ks a z indukční pece 2000 ks. Kovací nástroje se musí před každou lisovací operací mazat. K tomu byla užívána vodní suspenze koloidního grafitu AQUA-NET SUPERTECH, který se míchá s vodou a dále se pomocí směšovací pistole mísí s tlakovým vzduchem a stříká se na nástroje. Roční spotřeba pro výkovky VÁLEC M3 je cca 60 kg koncentrátu.

**Normalizační žihání** Normalizační žihání probíhá v průběžné plynové peci s příkonem 180 kW. Za 8 hodin projde touto operací přibližně 2000 ks.

**Soustružení** Soustružení probíhá na soustruhu S42 CNC. Jeho příkon je 18 kVA. Při obrábění se používá chladicí kapalina. Koncentrát kapaliny, např. CIMPERIAL HD 800, se mísí s vodou v koncentraci 5-6 %. Roční spotřeba koncentrátu při obrábění výkovků VÁLEC M3 je cca 150 kg. Na dvou soustruzích se vyrobí 700 ks za 8 hodin.

**Transport** V této fázi obrobení byly výkovky převáženy nákladním automobilem LIAZ o nosnosti 8,4 tuny z Jamného u Jihlavy do Jihlavy. Automobil je obvykle plně vytížen. Průměrná spotřeba paliva je 30 l nafty na 100 km. V závodu Motorpal Jihlava podléhají výkovky vstupní kontrole a odtud jsou dopravovány do závodu Batelov. Přeprava výkovků na trase Jihlava-Batelov je zajišťována centrální dopravou mezi závody a spotřeba paliva je již zahrnuta ve studii.



### 2.2.4 Párování válce s pístem a montáž

Vyrobený píst je párován s válcem na párovací brusce. Elementy jsou pak značeny laserem. Následuje montáž ostríkové vložky a klece objímky. Montáži dílců vstříkovací jednotky předchází praní v ultrazvukové pračce NOTUS-POWERSONIC (obr. 2.22). Po montáži dílců VJ (regulační objímky, pružiny, dolní misky, "O" kroužků, hrdla šroubení s vložkou a tlačnou pružinou, rovnotlakého ventilu a těsnění) je utahováno hrdlo šroubení. Na závěr se zkouší těsnost jednotky. Podle toho, zda je jednotka určena pro montáž do vstříkovacího čerpadla, nebo pro prodej, je buď dlouhodobě konzervována, nebo balena.



Obrázek 2.21: Výrobní proces vstříkovací jednotky M3

Tabulka 2.4: Výroba vstřikovacích jednotek M3

Popis operace	Zařízení
Broušení, párování	bruska párovací
Značení laserem	LFQ 20-C
Montáž ostř. vložky a klece objímky	montážní pomůcky
Praní a konzervace	POW 138
Praní a montáž dílců VJ	montážní pomůcky
Měření TPD	
Utahování hrdla štoubení	KAVON
Měření těsnosti	
Balení nebo dlouhodobá konzervace	



Obrázek 2.22: Ultrazvuková pračka POW 138 (Kulhánková, 2014)



## 2.3 Informace o dodavatelích

**Společnost BANES SOBĚSLAV** Polotovar pro výrobu pístů pro vstřikovací jednotky M3 dodává firmě Motorpal firma Banes, spol. s r.o. Banes působí na trhu jako strojírenský podnik zabývající se obráběním od roku 1993. Společnost se dvěma divizemi – Obrábění a Montáže - sídlí v Soběslavi ve výrobních halách o celkové rozloze 3500 m<sup>2</sup>. Každá divize zaměstnává přibližně 50 zaměstnanců pracujících ve dvousměnném a třísměnném provozu [30].

**Společnost SWR JIHLAVA** Výkovky pro výrobu válců vstřikovacích jednotek M3 firmě Motorpal a. s. dodává firma SWR JIHLAVA, spol. s r.o., která se zabývá tvářením a obráběním kovu. Firma byla založena v roce 1996. Nachází se v obci Jamné, ležící na hlavní silnici mezi Jihlavou a Žďárem nad Sázavou. Nosným výrobním oborem je výroba zápustkových výkovků z oceli, tvářených za tepla. V návaznosti na potřeby zákazníků se zde provádí také žíhání, tryskání a obrábění zápustkových výkovků. V současnosti má firma 45 zaměstnanců [34]. Výhradním dodavatelem oceli pro výrobu výkovků jsou Třinecké železárny.

**Společnost Třinecké železárny** Třinecké železárny patří k průmyslovým podnikům s nejdelší tradicí hutní výroby v České republice. Tento významný podnik s uzavřeným hutním výrobním cyklem byl založen Těšínskou komorou v roce 1839 [35]. Produkce oceli a válcovaného materiálu dosáhla historického maxima v 80. letech 20. století. Od roku 1995 je 100 % oceli vyráběno v konvertorech nebo elektrických obloukových pecích, přičemž 95 % vyrobené oceli je kontinuálně odléváno [35].

# Kapitola 3

## Definice cílů a rozsahu

### 3.1 Definice cílů

Tato studie se zabývá otázkou, k jakým vlivům na životní prostředí dochází při výrobě vstřikovací jednotky. Environmentální dopady výroby produktu budou vyjádřeny pomocí kategorií dopadu, které využívá námi zvolená metodika.

Předmětem posuzování studie LCA a zároveň jejím hlavním cílem je určení, který elementární tok zkoumaného procesu má největší dopady na životní prostředí a jaká kategorie dopadu je při výrobě vstřikovací jednotky nejvíce zasažena. Vedlejším cílem posuzování je stanovení ekovektoru zvoleného výrobního procesu v roce 2012 a 2013 a určení, jakou měrou se na vlivech na životní prostředí podílí zkoumaná fáze výroby produktu, probíhající ve vybraném závodě Batelov společnosti Motorpal.

Studie se zabývá fází výroby jediného produktu – vstřikovací jednotky M3. Nejedná se tedy o komparativní studii, při které by byly posuzovány dva produkty. Studie srovnává jediný produkt ve dvou letech jeho výroby. Srovnání zahrnuje vstupní materiál, který je zapotřebí k výrobě produktu, spotřebu energií a vody. Jsou zohledněny také pomocné vstupy v podobě maziv a rezných kapalin, nutných pro technologický proces, a paliva, která jsou spotřebovávána při dopravní obsluze výroby. Posuzování zahrnuje také výstupy z procesu, a to veškeré odpady z výroby a emise do ovzduší.

Výsledky studie mohou sloužit výrobci k jeho případným snahám o snižování negativních vlivů výroby na životní prostředí. Teoretická část práce může přiblížit tuto zajímavou analytickou metodu i zájemcům o danou problematiku z řad veřejnosti.

## 3.2 Technická specifikace

Tato studie se zaměřuje na posouzení vlivů výroby vstříkovací jednotky M3 ve společnosti Motorpal, závodu Batelov. Specifikaci produktu a jeho životnímu cyklu byla věnována kapitola 2.2. Vzájemným posouzením prošel 1 kg vstříkovacích jednotek, vyrobený v závodě Motorpal Batelov v roce 2012 s 1 kg vstříkovacích jednotek vyrobeným tamtéž v roce 2013. Funkční jednotkou byl stanoven roční objem výroby vstříkovací jednotky M3. Referenční tok naplňující funkční jednotku činí 46 340 kg vstříkovacích jednotek M3 v roce 2012 a 43 110 kg vstříkovacích jednotek M3 v roce 2013. Funkce, funkční jednotka a referenční tok jsou definovány v tabulce 3.1.

Tabulka 3.1: Funkce, funkční jednotka a referenční tok studie

<b>Funkce</b>	Výroba vstříkovací jednotky M3	
<b>Funkční jednotka</b>	Roční objem výroby vstříkovací jednotky M3	
<b>Posuzovaný systém</b>	1 kg VJ M3 2012	1 kg VJ M3 2013
<b>Referenční tok</b>	46 340 kg VJ M3	43 110 kg VJ M3

### Hranice systému

Prováděná analýza by se dala charakterizovat jako „od kolébky po bránu“. Studie má za cíl identifikovat a kvantifikovat environmentální dopady spojené s produktem po konec jeho výroby v závodě Motorpal Batelov.

**Geografický rozsah** Data sesbíraná ve fázi inventarizace se vztahují k lokalitě Batelov. Při výrobě zde dochází ke spotřebě materiálů, energií, vody, produkci odpadů, emisí do ovzduší apod. Když vezmeme v úvahu přepravu výrobků mezi závody Jihlava a Batelov, pohybujeme se v regionálním měřítku. Pokud bychom chtěli zohlednit

dopravu materiálu z Třineckých železáren, jednalo by se o geografický rozsah České republiky. Pokud bychom se však zabývali získáváním surovin pro výrobu použitých materiálů, nabyl by rozsah systému až globálního rozměru.

**Časový rozsah** Potencionální vlivy byly posuzovány v časovém rozsahu let 2012 a 2013. Některá vstupní data byla použita rovněž z prvního čtvrtletí roku 2014.

### 3.3 Procedurální specifikace

#### 3.3.1 Určení zdrojů použitých dat

Většina dat použitých v této studii byla poskytnuta společností Motorpal, a.s. Některé informace byly získány od externích firem – dodavatelů výkovků (SWR JIHLAVA, spol. s r.o.), osob oprávněných pro nakládání s odpady (MikroChem LKT spol. s r.o.), dodavatelů rezných kapalin a maziv (AKNEL Group a.s.) atd. Určení zdrojů použitých dat je podrobně uvedeno pro každou skupinu vstupů a výstupů ve čtvrté kapitole Inventarizace.

#### 3.3.2 Podmínky a omezení studie

Studie LCA se omezuje na posuzování vlivů výroby vstřikovací jednotky typu M3 v závodu Motorpal Batelov. Ve studii tak nejsou zahrnuty vlivy na životní prostředí, ke kterým dochází při výrobě výkovků ve společnosti SWR Jihlava a BANES Soběslav. Výroba výkovků nemohla být do studie zahrnuta z důvodu nedostatku potřebných dat ve fázi inventarizace. Z důvodu problémů s alokací, studie nezahrnuje vlivy na životní prostředí, ke kterým dochází při operacích na pístu a válci prováděných v závodu Motorpal Jihlava.

Dále je třeba uvést, že informace o dalším nakládání s odpady produkoványmi závodem Motorpal Batelov, které poskytla společnost MikroChem LKT, jsou předpokládáné. Většinu z odpadů totiž společnost MikroChem LKT předává dále, oprávněným osobám a v souladu s platnou legislativou. Na základě těchto informací můžeme pouze předpokládat, že osud odpadů je právě takový jak je uvedeno kódem v tabulce 4.10.

# Kapitola 4

## Inventarizace

### 4.1 Alokace

Při alokaci vyjadřujeme, jaká část vstupů a výstupů připadá na posuzovanou funkční jednotku v případě, že v procesu vzniká více produktů. Alokace se obvykle provádí na základě počtu produktů, hmotnosti produktů nebo ceny produktů. Pro volbu alokačního pravidla je důležitá funkce daného procesu, jehož dopady hodláme alokovat mezi více výstupů [20].

V této studii byl za alokační pravidlo zvolen **počet produktů**, protože při výrobním procesu, kterým vstřikovací jednotka prochází, je rozhodujícím faktorem počet produktů, které musí danými operacemi projít. Zohledňování hmotnosti produktů či jejich ekonomické hodnoty by v tomto případě nemělo zvláštní význam.

Tabulka 4.1: Alokací faktory

	<b>Rok 2012</b>	<b>Rok 2013</b>	<b>I. čtvrtletí 2014</b>
Počet všech elementů	1 037 010 ks	892 850 ks	211 102 ks
Počet VJ M3 - montáž	120 053 ks	111 684 ks	58 540 ks
Alokační faktor	0,11577	0,12509	0,12098

V tabulce 4.1 jsou uvedeny počty všech elementů vyrobených v letech 2012 a 2013 (tedy celkový objem výroby), počty vstřikovacích jednotek M3 plynoucích na montáž do čerpadel (tedy zkoumaný produkt) a alokační faktory (AF) vypočtené podle alokačního pravidla počtu kusů:  $AF = \text{Počet VJ M3 pro montáž} / \text{Počet všech elementů}$ .

## 4.2 Vstupy

Na straně vstupů LCA analýzy stojí materiál potřebný k výrobě jednotek, elektrická energie, zemní plyn a voda, vstupující do procesu jejich výroby. Dalšími vstupy jsou paliva spotřebovaná při dopravní obsluze výroby a pomocné látky (maziva a procesní kapaliny) nezbytné v technologii výroby vstřikovacích jednotek.

### 4.2.1 Teplo, elektrická energie, voda

Údaje o spotřebě zemního plynu, elektrické energie a vody byly získány z faktur vystavených podnikem. V tabulce 4.2 je uvedena celková roční spotřeba energií a vody a spotřeba přepočítaná podle pravidla alokace alokačním faktorem  $AF=0,11577$  pro rok 2012 a  $AF=0,12509$  pro rok 2013.

Tabulka 4.2: Spotřeba zemního plynu, elektrické energie a vody

	Jedn.	Spotřeba		Spotřeba po alokaci	
		rok 2012	rok 2013	rok 2012	rok 2013
Zemní plyn	kWh	1 481 070	1 487 499	171 461	186 067
Elektrická energie	kWh	2 102 113	1 827 353	243 358	228 578
Voda	m <sup>3</sup>	4 842	4 799	561	600

### 4.2.2 Materiál

Materiál komponentů byl zjišťován z materiálových norem podle platné dokumentace podniku. Materiálová norma a hmotnost komponentů byly uvedeny v tabulce v předchozí kapitole. Přiřazený elementární tok a jeho velikost v letech 2012 a 2013 je uveden v tabulce 4.3.

Tabulka 4.3: Materiál vstupující do procesu výroby v letech 2012 a 2013

č.	Název	Elementární tok	Hmotnost [kg] 2012	Hmotnost [kg] 2013
1	Válec	Ocel s vyšší koncentrací uhlíku	22 569,96	20 996,59
2	Píst	Ocel s vyšší koncentrací uhlíku	4 321,91	4 020,62
3	Klec objímky	Automatová ocel pro obrábění	1 440,64	1 340,21
4	Vložka ostříková	Ocel s vyšší koncentrací uhlíku	1 680,74	1 563,58
5	Kroužek distanční	Polyamid	60,03	55,84
6	Pojistný kroužek	Automatová ocel pro obrábění	72,03	67,01
7	Pojistný kroužek	Pružinová ocel	60,03	55,84
8	Těsnění	Automatová ocel pro obrábění	120,05	111,68
9	Pružina tlačná	Pružinová ocel	120,05	111,68
10	Vložka	Ocel s vyšší koncentrací uhlíku	120,05	111,68
11	Rovnotlaký ventil	Ocel s vyšší koncentrací uhlíku	1 800,80	1 675,26
12	Objímka regulační	Automatová ocel pro obrábění	1 800,80	1 675,26
13	Pružina	Pružinová ocel	3 601,59	3 350,52
14	Hrdlo šroubení	Automatová ocel pro obrábění	6 843,02	6 365,99
15	Miska dolní	Ocel s vyšší koncentrací uhlíku	1 560,69	1 451,89
16	Podložka pružiny	Ocel s vyšší koncentrací uhlíku	120,05	111,68
17	Kroužek "O" 21,95	Přez	12,01	11,17
18	Kroužek "O" 20,30	Přez	12,01	11,17
19	Kroužek "O" 18,72	Přez	12,01	11,17
20	Kroužek "O" 15	Přez	12,01	11,17

### 4.2.3 Oleje, procesní kapaliny, odmašťovací prostředky

Tabulka 4.4 udává velikost pomocných toků vstupujících do procesu produktového systému, které však nejsou součástí konečného produktu. Jedná se o skupiny látek jako jsou procesní kapaliny, řezné oleje, hydraulické a antikorozi oleje, procesní oleje pro broušení a honování, průmyslové oleje pro obrábění, oleje na kluzné plochy a oběhové oleje, plastická maziva, odmašťovací prostředky, tetrachlorethylen či  $\text{NaNO}_3$ .

Protože údaje o spotřebě těchto látek za rok 2012 a 2013 nebyly dostupné, byl proveden přepočít z množství látek spotřebovaných v prvním čtvrtletí roku 2014. Nejprve bylo alokováno celkové množství látek spotřebovaných v prvním čtvrtletí 2014 na množství látek připadající na spotřebu při výrobě vstřikovacích jednotek typu M3 v tomto časovém období. Poté byla výsledná hodnota vydělena počtem vstřikovacích jednotek vyrobených v prvním čtvrtletí roku 2014 a vynásobena počty vstřikovacích jednotek M3 vyrobených v roce 2012 a 2013.



Tabulka 4.4: Oleje, procesní kapaliny, odmašťovací prostředky vstupující do procesu výroby

<b>Pomocné toky</b>		<b>Celková spotřeba</b>	<b>Spotřeba po alokaci</b>		
<b>Oleje, procesní kapaliny. . .</b>		<b>(Všechna výroba)</b>	<b>(Výroba VJ M3)</b>		
Obchodní název produktu	J.	I. čtvrtletí	I. čtvrtletí	rok	rok
		2014	2014	2012	2013
DUSÍČNAN SODNÝ TECH.	kg	170,0	20,6	96,7	89,9
BW COOL E 300	kg	381,3	46,1	216,8	201,7
BW COOL N 855	kg	279,2	33,8	158,8	147,7
AG COOL GD 101	kg	122,0	14,8	69,4	64,5
BW COOL T 46	kg	450,5	54,5	256,2	238,3
TRIGA FINOL P 205 K PAL	kg	1235,0	149,4	702,3	653,4
TRIGA TRICLEAN V 56	kg	1250,0	151,2	710,9	661,3
ADS Heat Solve - Base	kg	13,0	1,6	7,4	6,9
ADS Heat Solve - Activator	kg	48,0	5,8	27,3	25,4
PARAMO HM 22	l	241,6	29,2	137,4	127,8
PARAMO HM 32	l	500,0	60,5	284,3	264,5
PARAMO KONKOR 268	l	285,0	34,5	162,1	150,8
AG CUT 608	l	250,0	30,2	142,2	132,3
SHELL TONNA S3 M 68	l	64,5	7,8	36,7	34,1
MOBIL VACTRA NO.2	l	223,5	27,0	127,1	118,2
MOBIL DTE HEAVY MEDIUM	l	8,7	1,1	4,9	4,6
MOBILUX EP 2	kg	0,8	0,1	0,5	0,4
PERCHLORETYLEN	l	600,0	72,6	341,2	317,4

#### 4.2.4 Paliva

Dopravní obsluha výroby produktů mezi závody je řešena pravidelnými jízdami nákladního automobilu Volvo se spotřebou 30 l paliva na 100 km, který každý pracovní den vykoná dvě jízdy v obou směrech na trase Jihlava-Batelov. Délka této trasy je 21 km. Rok 2012 i 2013 měl 252 pracovních dnů. Od tohoto počtu bylo odečteno 10 dnů celozávodní dovolené, ve kterých doprava nemusela být zajišťována. Za každý rok nákladní automobil vykonal 484 obousměrných jízd. Výpočtem  $242 \cdot 2 \cdot 42$  jsme dospěli k závěru, že nákladní automobil Volvo za každý rok ujel 20 328 km.

Osobní automobil Škoda Fabia s průměrnou spotřebou paliva 5,5 l na 100 km ujede ročně přibližně 12 000 km. Osobní automobil Hyundai i.30 s průměrnou spotřebou paliva 6,1 l na 100 km ujede ročně přibližně 6 000 km. Informace o průměrné spotřebě pohonných hmot automobilů a počtu ujetých km byly dodány posuzovanou společností.

Závod disponuje třemi vysokozdviznými vozíky. Z prvního čtvrtletí roku 2014 známe údaje o jejich spotřebě pohonných hmot. Jedná se o množství pohonných hmot, které byly spotřebovány pro dopravní obsluhu a manipulaci se všemi produkty uvnitř závodu. Množství spotřebovaných pohonných hmot musí být přepočteno podle pravidla alokace počtu kusů pomocí alokačního faktoru  $AF = 0,12098$  pro rok 2014, jak je uvedeno v tabulce 4.7. Pro převod litrů na kilogramy pohonných hmot (uveden v tabulce 4.8) byl užit vztah o hustotě benzinu a nafty, který uvádí použitý software SimaPro 7.

Tabulka 4.5: Automobily a počty ujetých km

Automobil	Druh paliva	Průměrná spotřeba	Ujeté kilometry	
			2012	2013
		[l/100 km]		
Volvo FE 320	nafta	30	20 328	20 328
Škoda Fabia	nafta	5,5	12 000	12 000
Hyundai i.30	benzin	6,1	6 000	6 000

Tabulka 4.6: Spotřeba paliva – automobily

Automobil	Druh paliva	Spotřeba paliva [l]		Spotřeba [l] po alokaci	
		rok 2012	rok 2013	rok 2012	rok 2013
Volvo FE 320	nafta	6 098,4	6 098,4	706,0	762,8
Škoda Fabia	nafta	660,0	660,0	76,4	82,6
Hyundai i.30	benzin	366,0	366,0	42,4	45,8

Tabulka 4.7: Spotřeba paliva – vysokozdvížené vozíky

Dopravní obsluha	Celková spotřeba [l]	Spotřeba nafty [l] po alokaci		
Vysokozdvížený vozík	I. čtvrtletí 2014	I. čtvrtletí 2014	rok 2012	rok 2013
FD 30	140,0	16,9	79,6	74,1
FD 18 sklad	55,0	6,7	31,3	29,1
FD 18 expedice	265,0	32,1	150,7	140,2

Tabulka 4.8: Spotřeba paliva – převod na kg

Druh paliva	Hustota [kg/l]	Spotřeba paliva [l]		Spotřeba paliva [kg]	
		rok 2012	rok 2013	rok 2012	rok 2013
Nafta	0,84	1 044	1 088,8	877,0	914,6
Benzin	0,75	42,4	45,8	31,8	34,3

## 4.3 Výstupy

Na straně výstupů z produktového systému stojí odpady a emise látek do ovzduší.

### 4.3.1 Odpady

Data o druhu a množství produkovaného odpadu jsou získány z hlášení o produkci a nakládání s odpady za léta 2012 a 2013. Informace o předpokládaném dalším nakládání s odpady produkovanými závodem Motorpal Batelov poskytla společnost MikroChem LKT. Této společnosti, jako k tomu oprávněné osobě, jsou předávány odpady Motorpalu Batelov. Společnost MikroChem LKT provozuje zařízení na fyzikálně-chemickou úpravu kapalných odpadů a zařízení ke sběru a výkupu odpadů. Většinu z předaných odpadů ze závodu Motorpal Batelov společnost MikroChem LKT předává dále, oprávněným osobám a v souladu s platnou legislativou. Na základě informací společnosti MikroChem LKT předpokládáme další osud odpadů takový, jak je uvedeno kódem v tabulce 4.10. Legendu ke kódům způsobu využívání a odstraňování odpadů, podle přílohy č. 3 a 4 zákona 185/2001 Sb. [6], uvádí tabulka 4.9.

Tabulka 4.9: Legenda ke kódům způsobu využívání a odstraňování odpadů

Kód	Způsob využívání a odstraňování odpadů
D1	Ukládání v úrovni nebo pod úroveň terénu - skládkování
D9	Fyzikálně-chemická úprava, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů D1 až D12 (v příloze č. 4)
D10	Spalování na pevnině
R1	Využití odpadu způsobem obdobným jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie
R3	Získání/regenerace organických látek, které se nepoužívají jako rozpouštědla
R4	Recyklace/znovuzískání kovů a kovových sloučenin
R5	Recyklace/znovuzískání ostatních anorganických materiálů
R11	Využití odpadů, které vznikly aplikací některého z postupů uvedených pod označením R1 až R10 (v příloze č. 3, zák. 185/2001 Sb.)

Tabulka 4.10: Druhy produkovaných odpadů podle katalogového čísla, kategorie odpadu a kód způsobu využívání a odstraňování odpadů

Katalogové č.	Kat.	Název druhu odpadu	Kód
070109	N	Halogenované filtrační koláče, upotřebená absorbční činidla	D10
120101	O	Piliny a třísky železných kovů	R4
120109	N	Odpadní řezné emulze a roztoky neobsahující halogeny	D9
120118	N	Kovový kal (brusný kal, honovací kal a kal z lapování) obsahující olej	R11
120120	N	Upotřebené brusné nástroje a brusné materiály obsahující nebezpečné látky	D1
130113	N	Jiné hydraulické oleje	R1
130208	N	Jiné motorové, převodové a mazací oleje	R1
140603	O	Jiná rozpouštědla a směsi rozpouštědel	R1, D10
150101	O	Papírové a lepenkové obaly	R3
150102	O	Plastové obaly	R3
150107	O	Skleněné obaly	R5
150110	N	Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěné	R1
150202	N	Absorbční činidla, filtrační materiály (včetně olejových filtrů jinak blíže neurčených), čisticí tkaniny	R1
160507	N	Vyřazené anorganické chemikálie, které jsou nebo obsahují nebezpečné látky	D10
170405	O	Železo a ocel	R4
190801	O	Shrabky z česlí	D1
200301	O	Směsný komunální odpad	D1

Tabulka 4.11: Množství produkovaných odpadů

Katalogové číslo	Množství odpadů [kg/rok]		Množství po alokaci [kg/rok]	
	rok 2012	rok 2013	rok 2012	rok 2013
070109	400,0	830,0	46,31	103,82
120101	70 050,0	62 510,0	8 109,58	7819,19
120109	265 500,0	240 500,0	30 736,51	30 083,44
120118	11 570,0	7 700,0	1 339,44	936,17
120120	2 945,0	1 695,0	340,94	212,02
130113	5 550,0	8 100,0	642,21	1 013,21
130208	1 800,0	1 800,0	208,38	225,16
140603	1 215,0	800,0	140,66	100,07
150101	3 410,0	1 500,0	394,77	187,63
150102	3 118,7	1 874,0	361,05	234,41
150107	0,0	110,0	0,0	13,76
150110	250,0	710,0	28,94	88,81
150202	17 710,0	15 065,0	2 050,26	1 884,44
160507	0,0	275,0	0,0	34,40
170405	0,0	17 010,0	0,0	2 127,73
190801	620,0	520,0	71,78	65,05
200301	21 513,7	16 922,6	2 490,61	2 116,80

### 4.3.2 Emise do ovzduší

#### Tetrachlorethylen

Tetrachlorethylen – perchlorethylen – zkráceně PCE je bezbarvá nehořlavá kapalná látka nasládlé vůně s chemickým vzorcem  $C_2Cl_4$ . Řadí se do skupiny těkavých organických látek. Teplota varu je  $121^\circ C$ , teplota tuhnutí  $-22,4^\circ C$ . Rozpustnost ve vodě je  $150\text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  při  $25^\circ C$ . Hustota činí  $1623\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  při  $20^\circ C$ . [31]

Tetrachlorethylen je díky svým vlastnostem účinný čistící prostředek. Rozpouští se v něm mnohá organická nežádoucí znečištění, například maziva či oleje. *„Přes snahu chemického průmyslu nebyla dosud získána za tetrachlorethylen plnohodnotná náhrada. V současné době existuje velké množství odmašťovacích prostředků, které nejenom nezajišťují potřebnou jakost odmaštění povrchů srovnatelnou s tetrachlorethylenem, ale navíc mnohdy nejsou ani „ekologicky nezávadné“, jak o nich tvrdí jejich výrobci a distributoři“* [31].

Stabilizovaný tetrachlorethylen lze dobře využít jako rozpouštědlo nebo jako extrakční činidlo pro tuky, pryskyřice, oleje, vosky atd. Hodí se pro operace vyžadující vysoký bod varu. Tetrachlorethylen je charakteristický snadnou destilací a zachycováním par na aktivním uhlí. Jmenované a další *„...výhodné vlastnosti lze ovšem plně využít jen v technologicky dokonalém zařízení a při dodržení aplikačních postupů“* [31].

Tetrachlorethylen je ve vybraném podniku používán na jediném zařízení – pračce RC880. Informace o úniku do ovzduší za rok 2012 byla přejata z Integrovaného registru znečišťování IRZ. V daném roce vznikla závodu Motorpal Batelov ohlašovací povinnost z důvodu překročení ohlašovacího prahu  $2000\text{ kg/rok}$  (pro únik do ovzduší). Za zvýšeným únikem  $2913\text{ kg}$  perchloru do ovzduší v roce 2012 (proti  $1634\text{ kg}$  v roce 2013) stojí havárie na absorbéru zařízení RC880.

Tabulka 4.12: Úniky tetrachlorethylenu do ovzduší

		Úniky do ovzduší		Úniky po alokaci	
		rok 2012	rok 2013	rok 2012	rok 2013
Tetrachlorethylen	kg	2 913,0	1 654,0	337,2	206,9

Zjišťování úniků do ovzduší za rok 2013 ze zařízení RC880 bylo provedeno podle následujícího výpočtu:

$$PER_{celk} = PER_{rec} + PER_{filtr} \quad [\text{kg/rok}],$$

kde  $PER_{celk}$  je součet hodnot  $PER_{rec}$  (množství tetrachlorethylenu jako odpadu z recyklace) a  $PER_{filtr}$  (množství tetrachlorethylenu jako emise z filtru).

Množství odpadu z recyklace tetrachlorethylenu odpovídá rozdílu množství perchloru vstupujícího a vystupujícího z procesu čištění (recyklace):

$$PER_{rec} = PER_1 - PER_2 \quad [\text{kg/rok}],$$

kde  $PER_{rec}$  je odpad z recyklace,  $PER_1$  je špinavý perchlor odevzdaný k recyklaci v roce 2013,  $PER_2$  je čistý perchlor vracející se z recyklace zpět do zařízení RC880.

Množství emisí z filtru odpovídá množství emitovaného tetrachlorethylenu za hodinu násobeného počtem pracích hodin v roce 2013:

$$PER_{filtr} = PER_{hod} \cdot Prh \quad [\text{kg/rok}],$$

přičemž  $Prh$  počet pracích hodin (počet hodin provozu pračky) byl vypočten jako: počet směn za rok násobených délkou směny v hodinách, tedy  $478 \cdot 8 = 3824$  [h/rok].

$$PER_{filtr} = 8,8 \text{ [g/h]} \cdot 3824 \text{ [h/rok]} = 33,65 \text{ [kg/rok]}$$

$$PER_{rec} = 27640 \text{ [kg/rok]} - 26020 \text{ [kg/rok]} = 1620 \text{ [kg/rok]}$$

$$PER_{celk} = 1620 \text{ [kg/rok]} + 34 \text{ [kg/rok]} = 1654 \text{ [kg/rok]}$$



## 4.4 Souhrnná inventarizační tabulka

Tabulka 4.13: Inventarizační tabulka

Elementární tok	Jednotka	2012	2013
Vstupy – spotřeba surovin			
Ocel s vyšší koncentrací uhlíku	kg	32 174,20	29 931,31
Automatová ocel pro obrábění	kg	10 276,54	9 560,15
Pružinová ocel	kg	3 781,67	3 518,05
Polyamid	kg	60,03	55,84
Přez	kg	48,02	44,67
Zemní plyn	kWh	171 461,12	186 066,91
Elektrická energie	kWh	243 358,28	228 578,25
Voda	m <sup>3</sup>	560,55	600,29
Chemické látky organické	kg	1 448,36	1 347,39
Minerální oleje	kg	782,98	728,40
Ethylenglykoly	kg	701,20	652,32
Ethyleny	kg	552,77	514,24
Chemické látky anorganické	kg	96,68	89,94
Plastická maziva	l	4,95	4,60
Nafta	kg	876,97	914,55
Benzin	kg	31,78	34,34
Výstupy – odpady			
Spalovaný odpad	kg	33 002,68	32 294,98
Spalovaný odpad - olej	kg	2 190,34	2 201,53
Skládkovaný odpad	kg	2 562,38	2 181,84
Skládkovaný nebezpečný odpad	kg	340,94	212,02
Papírové obaly - recyklace	kg	394,77	187,63
Plastové obaly - recyklace	kg	361,05	234,41
Skleněné obaly - recyklace	kg	0,00	13,76
Železo a ocel - recyklace	kg	8 109,58	9 946,92
Výstupy – emise do ovzduší			
Tetrachlorethylen	kg	337,23	206,89

# Kapitola 5

## Hodnocení dopadů

### 5.1 Metodika Eco-indicator 99

Hodnocení dopadů bylo provedeno pomocí metodiky Eco-indicator 99. Tato metodika se řadí mezi výhradně endpointové metodiky LCIA zaměřené na vyčíslování reálných škod v životním prostředí. Na rozdíl od midpointových metodik, které se zaměřují na hodnocení velikosti zástupných indikátorů – midpointů, je cílem endpointové metodiky vyjádření konkrétních dopadů jednotlivých elementárních toků s různými důsledky na společnou jednotku environmentálního dopadu. Výhodou tohoto přístupu je snazší porovnávání různých environmentálních dopadů mezi sebou. Nevýhodou je náročnost při definování charakterizačních faktorů, které jsou určeny se značnou mírou nejistoty [20].

Podle Kočího [20] metodika Eco-indicator 99 uplatňuje pro určení charakterizačních faktorů tyto kroky:

- hodnocení osudu látek v životním prostředí,
- analýzu expozice,
- hodnocení účinku (biologické či environmentální důsledky),
- analýzu škody,
- normalizaci a vážení.

Metodika LCIA Eco-indicator 99 pracuje se třemi základními skupinami environmentálních dopadů:

- lidské zdraví,
- kvalita ekosystémů,
- úbytek surovin.

### 5.1.1 Lidské zdraví

Lidské zdraví **HH** (*angl. human health*) je endpointovou kategorií dopadu. Endpointovým indikátorem je zde doba života, o kterou je lidstvo připraveno předčasnou smrtí či nemocí, způsobenou expozicí toxickými látkami nebo jinými nepříznivými vlivy na zdraví člověka. Dopady elementárních toků na lidské zdraví jsou v metodice Eco-indicator 99 vyčíslovány pomocí hodnot **DALY** (*angl. disability adjusted life years*). Účinky látek na lidské zdraví jsou zde vyjadřovány jako počet roků života ovlivněných nezpůsobilostí. Jedná se o princip, při němž se počítají léta života, o která bylo lidstvo připraveno působením elementárního toku. Do těchto hodnot se započítávají i roky neschopnosti v důsledku nemocí vyvolaných elementárními toky vstupujícími do prostředí a následně ovlivňujícími lidské zdraví. Princip **DALY** byl vytvořen pro účely Světové zdravotnické organizace WHO a Světové banky [20].

Při stanovování hodnot **DALY** se využívá analýza transportu látek v prostředí, analýza expozice, analýza účinku na lidské zdraví a analýza poškození využívající odhady počtu let osob žijících s vyvolaným poškozením **YLD** (*angl. years lived disabled*) a počtu let zkrácení lidského života v exponované populaci **YLL** (*angl. years of life lost*). Princip výpočtu hodnot **YLL** a **YLD** uvádějí rovnice 5.1 a 5.2, kde  $N$  je počet úmrtí,  $R$  je počet let od věku úmrtí do hodnoty průměrného věku života,  $I$  je počet výskytu onemocnění,  $Z$  je závažnost onemocnění a  $T$  je průměrná doba trvání onemocnění. Hodnota **DALY** je součtem hodnot **YLD** a **YLL** v jednotkách roků [20].

$$YLL = N \cdot R \quad (5.1)$$

$$YLD = I \cdot Z \cdot T \quad (5.2)$$

$$DALY = YLL + YLD \quad (5.3)$$

Do kategorie dopadu lidské zdraví metodiky Eco-indicator 99 jsou zařazena mj. tato (zdravotní) poškození: respirační choroby v důsledku koncentrace prachových částic a VOC, nádorová onemocnění v důsledku ionizujícího záření a karcinogeneze, nemoci a vynucená migrace v důsledku klimatických změn, karcinomy v důsledku úbytku ozonové vrstvy.

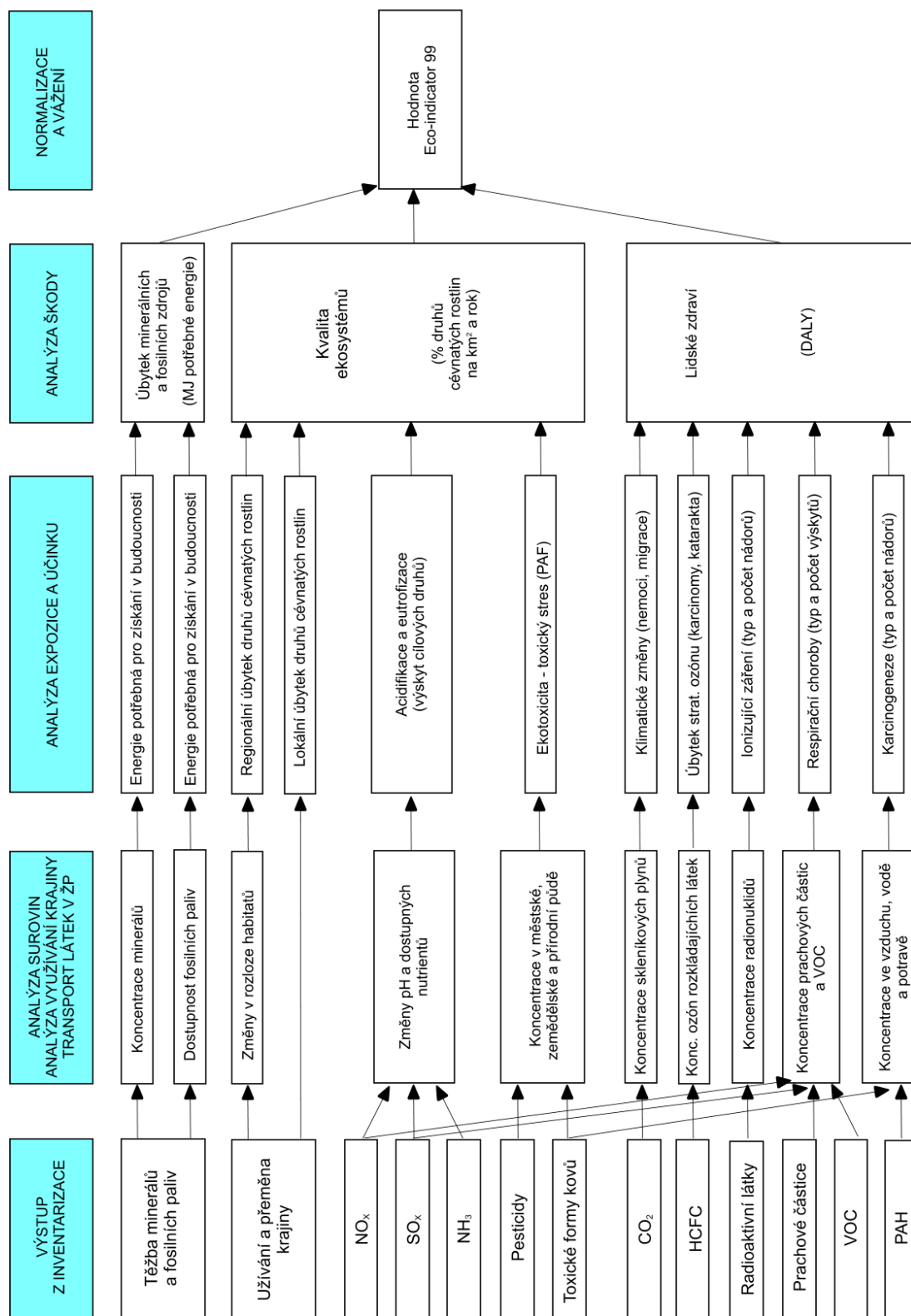
### 5.1.2 Kvalita ekosystémů

Kvalita ekosystémů **EQ** (*angl. ecosystem quality*) je z pohledu účinků méně homogenní kategorie dopadu, než kategorie lidské zdraví. Nepočítá s poškozením jednoho zvoleného organismu, nýbrž kalkuluje s celkovou biodiverzitou, funkčností a rovnováhou ekosystému. Poškození ekosystému vyjadřuje relativní úbytek biologických druhů zapříčiněný environmentální zátěží v určité oblasti po určitou dobu [20].

Poškození ekosystémů je sdružená kategorie dopadu, v níž jsou zahrnuty kategorie:

- ekotoxicita,
- acidifikace a eutrofizace,
- užívání a přeměna krajiny.

Princip seskupování kategorií dopadu, které metodika Eco-indicator 99 využívá, je zobrazen ve schématu na obrázku 5.1.



Obrázek 5.1: Grafické znázornění principů metodiky Eco-indicator 99, podle [20]

## Ekotoxicita

Kategorie dopadu ekotoxicita zahrnuje ekotoxické působení elementárních toků na životní prostředí. Endpointovým indikátorem této kategorie je podíl ovlivněných druhů **PAF** (*angl. potentially affected fraction*) neboli podíl z celkového počtu biologických druhů, které se po uvolnění elementárního toku do prostředí dostanou do toxického stresu. Většinou se jedná o nižší organismy žijící ve vodách a půdách, jako jsou korýši, řasy, mikroorganismy, ale i některé rostliny a druhy ryb. Hodnota PAF pak udává podíl druhů žijících v podmínkách odpovídajících či překračujících hodnotu NOEC (*angl. no observed effect concentration*) a počtu všech druhů přítomných v daném ekosystému. Jednotkou je množství potenciálně ovlivněných druhů na rozloze území za rok ( $PAF \cdot m^2 \cdot rok$ ) [20].

## Acidifikace a eutrofizace

Acidifikace **A** (*angl. acidification*), proces okyselování půdního a vodního prostředí, a eutrofizace **E** (*angl. eutrophication*), proces obohacování prostředí živinami, jsou sdruženy do jedné kategorie dopadu s endpointovým indikátorem zvaným podíl chybějících druhů **PDF** (*angl. potentially disappeared fraction*). Jedná se o podíl druhů, které se s vysokou pravděpodobností nevyskytují v regionu v důsledku nepříznivých podmínek. *PDF* je počítán ze vztahu  $PDF = 1 - POO$ , kde *POO* je pravděpodobnost výskytu druhu (*angl. probability of occurrence*) a je určována podle postupu, který publikoval Alkemade [1]. Jednotkou je množství chybějících druhů na rozloze území za rok ( $PDF \cdot m^2 \cdot rok$ ) [20].

## Užívání a přeměna krajiny

Kategorie dopadu užívání krajiny a přeměna krajiny **LU** (*angl. land use*) je v metodice Eco-indicator 99 „... založena na empirických datech výskytu cévnatých rostlin, jejichž četnost může být negativně ovlivněna lidskou činností v krajině. Do úvahy jsou brány jak lokální škody způsobené využíváním či přeměnou krajiny, tak regionální škody na ekosystémech.“ [20]. Hodnota *PDF* se určuje ze všech přítomných rostlinných druhů a vypočte se jako rozdíl druhové diverzity na referenční lokalitě a druhové diverzity v místě posuzování lidského vlivu, vydělený druhovou diverzitou na referenční lokalitě.

$$PDF = \frac{D_{ref.} - D}{D_{ref.}} \quad (5.4)$$

( $D_{ref}$  je druhová diverzita na referenční lokalitě a  $D$  je druhová diverzita v místě posuzování lidského vlivu.)

V případě kategorie dopadu land use nepanuje obecná shoda ve věci, které faktory jsou důležité pro hodnocení kvality krajiny. To je dáno subjektivním charakterem ocenění krajiny a vyjádření její hodnoty [20].

*„Ačkoli z ekosystémového pohledu představuje zúžení PDF pouze na cévnaté rostliny značné zjednodušení, jedná se o realistický přístup. Jiné organismy (ptáci, savci, plazi) migrují, vyskytují se v menších počtech či jiným způsobem komplikují stanovení jejich abundance.“* [20].

Hodnotu kvality ekosystémů  $EQ$  získáme násobením hodnoty  $PDF$  či  $PAF$  s rozlohou zasaženého území ( $A$ ) v  $m^2$  a dobou využívání krajiny ( $t$ ) v rocích.

$$EQ = PDF \cdot A \cdot t \quad (5.5)$$

Jednotlivé podkategorie – ekotoxická, acidifikace a eutrofizace, užívání a přeměna krajiny – tvoří agregovanou kategorii dopadu poškození ekosystémů. Jejich agregace se „s vědomím určitých zjednodušení provádí součtem hodnot  $EQ$  pro acidifikaci s eutrofizací a pro využívání krajiny“ [20]. Hodnota  $EQ$  pro ekotoxicitu se udává zvlášť, v jednotce  $PAF$ . Nebo se převádí na stejnou jednotku podle vztahu

$$PDF = \frac{PAF}{10}.$$

### 5.1.3 Úbytek surovin

S vlivem elementárních toků na nevratné využívání zdrojů počítá kategorie dopadu úbytek surovin (*angl. resources depletion*). Obecně tato kategorie zahrnuje nejen spotřebovávání neobnovitelných surovin, ale i využívání obnovitelných zdrojů, například těžbu dřeva. V metodice Eco-indicator 99 se pod pojmem úbytek surovin míní především spotřeba minerálních a fosilních surovin. Využívání obnovitelných zdrojů je v metodice Eco-indicator 99 součástí kategorie dopadu využívání krajiny [20].

## 5.2 Klasifikace

V etapě klasifikace jsou hodnoty elementárních toků z inventarizační tabulky přiřazeny jednotlivým kategoriím dopadu. Každý elementární tok je přiřazen do konkrétní kategorie dopadu podle účinků na životní prostředí. Složité vlivy je potřeba rozdělit na jednoduché [20].

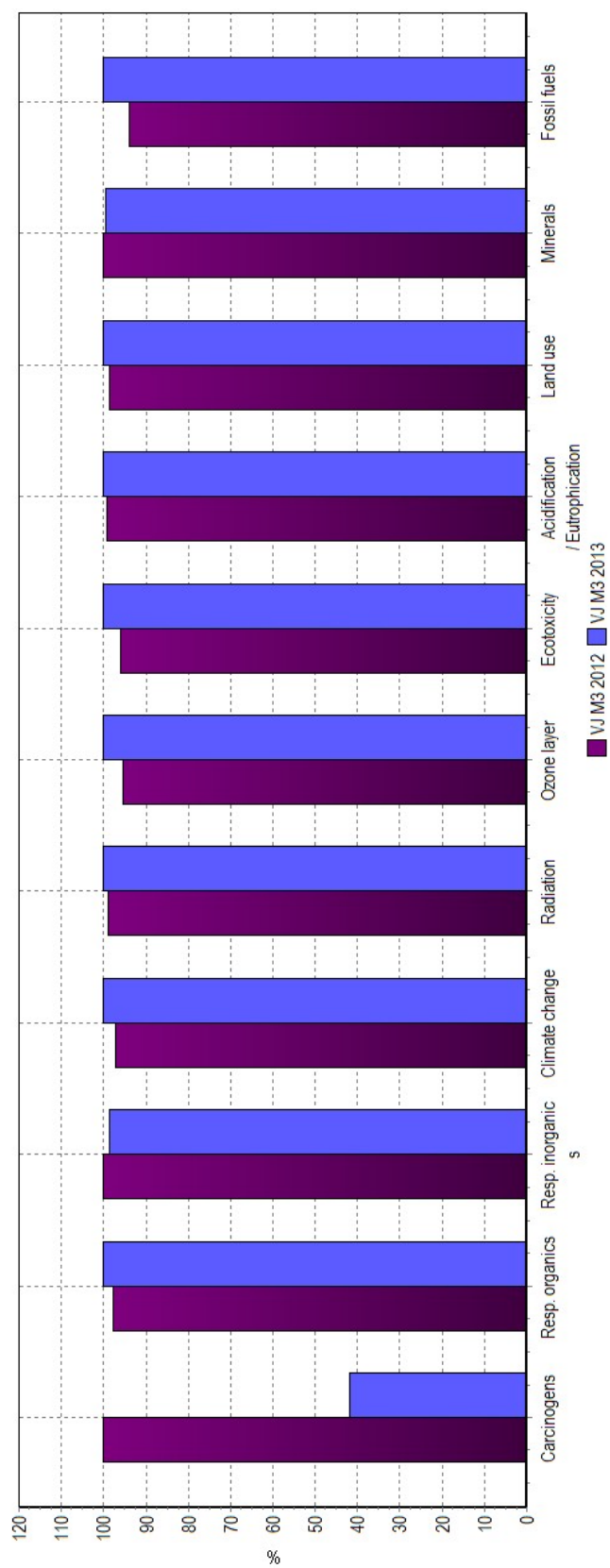
## 5.3 Charakterizace

Při charakterizaci jsou vyčíslovány velikosti dopadů elementárních toků na jednotlivé kategorie dopadu, podle toho, jak byly přiřazeny ve fázi klasifikace. Pro přepočet elementárního toku na jednotku indikátoru kategorie se využívá charakterizačních faktorů [20].

Tabulka 5.1: Charakterizační tabulka

Kategorie dopadu	Jednotka	VJ M3 2012	VJ M3 2013
Karcinogeneze	<i>DALY</i>	1,13779E-07	4,76805E-08
Respirační nemoci (org. l.)	<i>DALY</i>	9,13404E-09	9,35275E-09
Respirační nemoci (anorg. l.)	<i>DALY</i>	5,53604E-06	5,46295E-06
Klimatické změny	<i>DALY</i>	1,95802E-06	2,01672E-06
Ionizační záření	<i>DALY</i>	7,73698E-08	7,81468E-08
Úbytek stratosférického ozónu	<i>DALY</i>	3,29846E-09	3,45232E-09
Ekotoxická	<i>PAF</i> · m <sup>2</sup> · rok	1,888751330	1,966401027
Acidifikace/Eutrofizace	<i>PDF</i> · m <sup>2</sup> · rok	0,167269510	0,168444247
Užívání a přeměna krajiny	<i>PDF</i> · m <sup>2</sup> · rok	0,180704444	0,183178596
Minerální zdroje	MJ surplus	0,810493181	0,807217968
Fosilní suroviny	MJ surplus	8,561555790	9,121266541





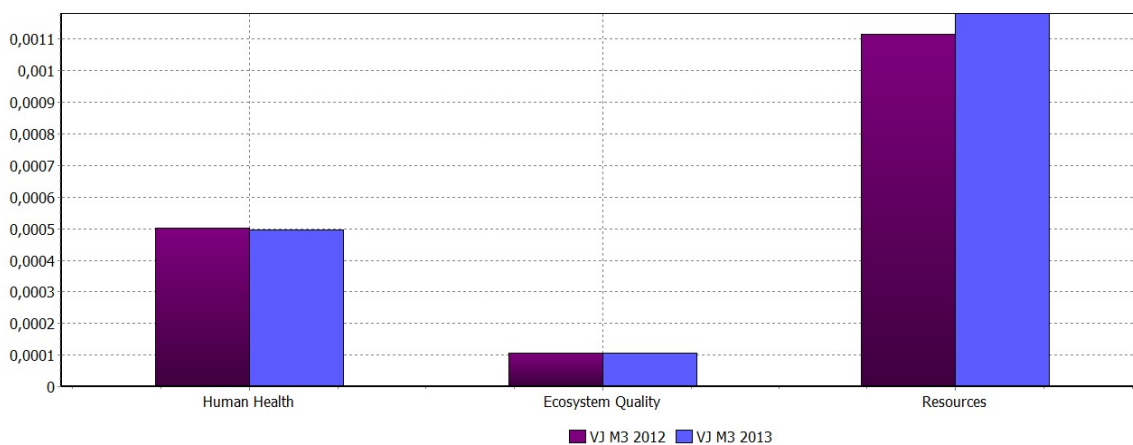
Obrázek 5.2: Charakterizace, srovnání 1 kg VJ M3 2012 s 1 kg VJ M3 2013 metodou Eco-indicator 99

## 5.4 Normalizace

Normalizace nám umožňuje porovnat významnost zásahů do různých kategorií dopadu tím, že převádí výsledky indikátorů kategorií na bezrozměrná čísla, obvykle jako podíl z celkové způsobené škody v dané kategorii dopadu. V metodice Eco-indicator 99 se normalizace provádí především s ohledem na evropské země. „Globální kategorie dopadu jsou normalizovány globálními hodnotami výsledků kategorií dopadu vztahených na jednoho obyvatele. Pro regionální kategorie dopadu jsou použity regionální referenční hodnoty výsledků. Podkladem pro normalizaci jsou data shromážděná ve studii [2], vypracované speciálně pro účely dánských ministerstev.“ [20].

Tabulka 5.2: Normalizační tabulka – základní skupiny environmentálních dopadů

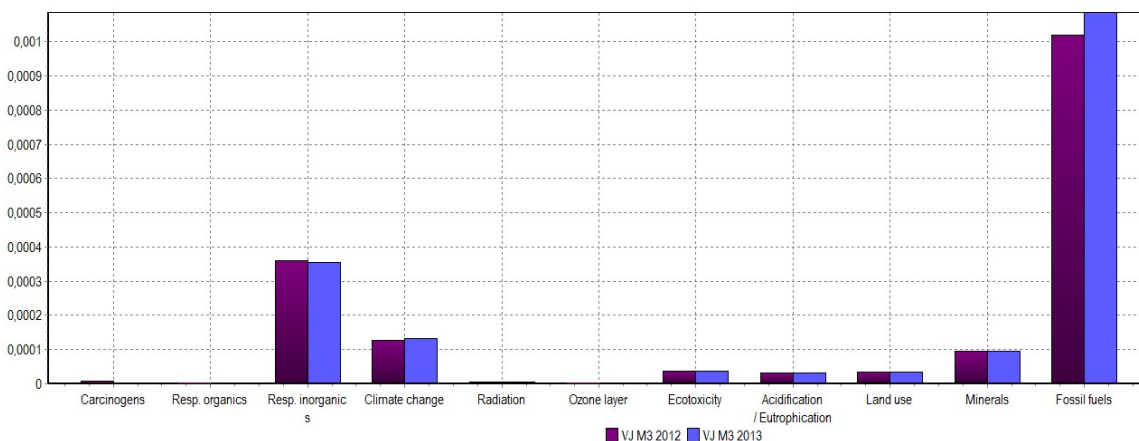
Kategorie dopadu	Jednotka	VJ M3 2012	VJ M3 2013
Lidské zdraví	—	0,000501117	0,000495951
Kvalita ekosystémů	—	0,000104686	0,000106911
Úbytek surovin	—	0,001115274	0,00118149



Obrázek 5.3: Normalizace – základní kategorie, srovnání 1 kg VJ M3 2012 s 1 kg VJ M3 2013 metodou Eco-indicator 99

Tabulka 5.3: Normalizační tabulka

Kategorie dopadu	Jednotka	VJ M3 2012	VJ M3 2013
Karcinogeneze	–	7,40703E-06	3,10400E-06
Respirační nemoci (org. l.)	–	5,94626E-07	6,08864E-07
Respirační nemoci (anorg. l.)	–	0,000360397	0,000355638
Klimatické změny	–	0,000127467	0,000131288
Ionizační záření	–	5,03678E-06	5,08735E-06
Úbytek stratosférického ozónu	–	2,14730E-07	2,24746E-07
Ekotoxická	–	3,68307E-05	3,83448E-05
Acidifikace/Eutrofizace	–	3,26176E-05	3,28466E-05
Užívání a přeměna krajiny	–	3,52374E-05	3,57198E-05
Minerální zdroje	–	9,64487E-05	9,60589E-05
Fosilní suroviny	–	0,001018825	0,001085431

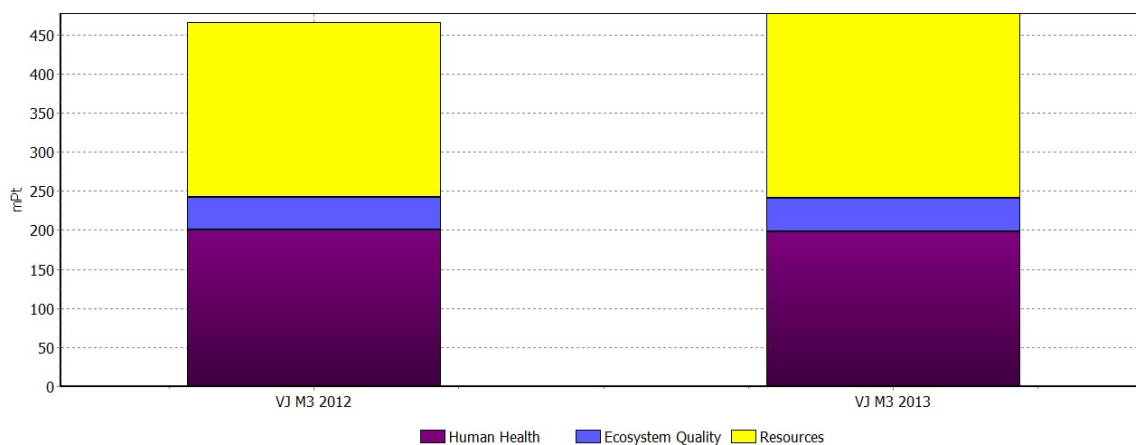


Obrázek 5.4: Normalizace, srovnání 1 kg VJ M3 2012 s 1 kg VJ M3 2013 metodou Eco-indicator 99

## 5.5 Single score

Tabulka 5.4: Single score – základní skupiny environmentálních dopadů

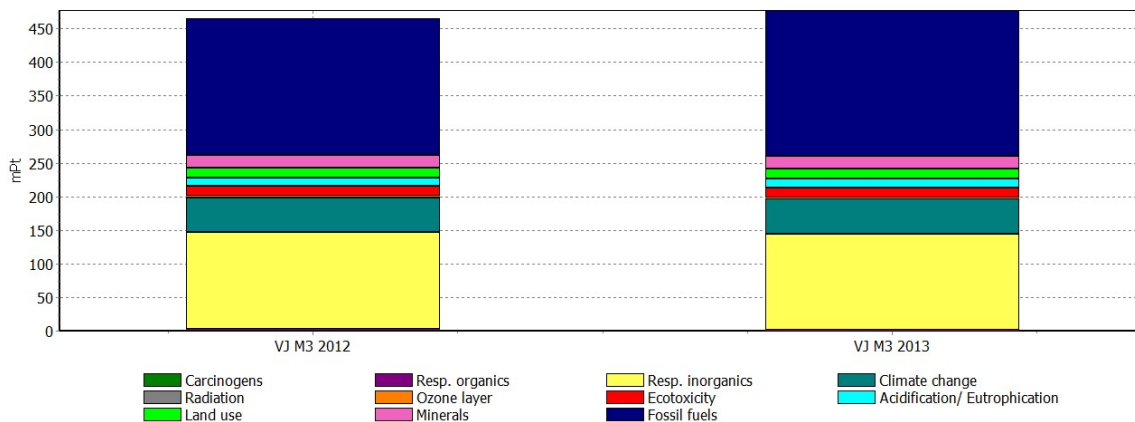
Kategorie dopadu	Jednotka	VJ M3 2012	VJ M3 2013
Lidské zdraví	Pt	0,200446815	0,198380426
Kvalita ekosystémů	Pt	0,041874229	0,042764510
Úbytek surovin	Pt	0,223054766	0,236297931
Celkem	Pt	0,465375810	0,477442868



Obrázek 5.5: Single score – základní kategorie, srovnání 1 kg VJ M3 2012 s 1 kg VJ M3 2013 metodou Eco-indicator 99

Tabulka 5.5: Single score

Kategorie dopadu	Jednotka	VJ M3 2012	VJ M3 2013
Karcinogeneze	Pt	0,002962812	0,001241599
Respirační nemoci (org. l.)	Pt	0,000237851	0,000243546
Respirační nemoci (anorg. l.)	Pt	0,144158601	0,142255153
Klimatické změny	Pt	0,050986949	0,052515289
Ionizační záření	Pt	0,002014711	0,002034942
Úbytek stratosférického ozónu	Pt	8,58920E-05	8,98984E-05
Ekotoxicitá	Pt	0,014732260	0,015337928
Acidifikace/Eutrofizace	Pt	0,013047022	0,013138651
Užívání a přeměna krajiny	Pt	0,014094947	0,014287930
Minerální zdroje	Pt	0,019289738	0,019211788
Fosilní suroviny	Pt	0,203765028	0,217086144
Celkem	Pt	0,465375810	0,477442868



Obrázek 5.6: Single score, srovnání 1 kg VJ M3 2012 s 1 kg VJ M3 2013 metodou Eco-indicator 99

## 5.6 Podíl elementárních toků na celkovém vlivu

Tabulka 5.6: Podíl jednotlivých elementárních toků na celkovém vlivu

	Elementární tok	Jednotka	2012	2013
1	Ocel s vyšší koncentrací uhlíku	%	36,200	35,300
2	Spalovaný odpad	%	22,600	23,200
3	Elektrická energie	%	22,000	21,700
4	Zemní plyn	%	13,100	14,900
5	Automatová ocel pro obrábění	%	3,200	3,110
6	Spalovaný odpad - olej	%	1,590	1,670
7	Pružinová ocel	%	1,320	1,290
8	Ethylenglykoly	%	1,110	1,080
9	Nafta	%	0,697	0,762
10	Minerální oleje	%	0,662	0,645
11	Chemické látky organické	%	0,658	0,641
12	Ethyleny	%	0,636	0,620
13	Polyamid	%	0,183	0,178
14	Přýž	%	0,080	0,078
15	Voda	%	0,036	0,040
16	Benzin	%	0,025	0,029
17	Chemické látky anorganické	%	0,023	0,022
18	Plastická maziva	%	0,022	0,001
19	Skládkovaný nebezpečný odpad	%	0,006	0,004
20	Skládkovaný odpad	%	0,001	0,001
21	Papírové obaly - recyklace	%	-0,024	-0,012
22	Plastové obaly - recyklace	%	-0,358	-0,244
23	Skleněné obaly - recyklace	%	0,000	-0,003
24	Železo a ocel - recyklace	%	-4,020	-5,160

# Kapitola 6

## Interpretace a shrnutí

### 6.1 Interpretace výsledků

Jedním z cílů diplomové práce bylo určení, které elementární toky zkoumaného procesu výroby vsřikovací jednotky mají nejvýznamnější dopady na životní prostředí. Srovnání významnosti dopadů elementárních toků jsme mohli učinit využitím programu SimaPro a jeho funkce Network. Elementárním tokem s největšími dopady (36,2 % z celkového vlivu v roce 2012 a 35,3 % v roce 2013) patří ocel s vyšší koncentrací uhlíku ( $> 0,25\%$ ) užitá k výrobě válce, pístu, ostříkové vložky, rovnotlakého ventilu a dalších komponent vstřikovací jednotky (všechny jsou uvedeny v tabulce 4.3). Významnou skupinou z hlediska vlivů na životní prostředí jsou spalované odpady, včetně odpadů klasifikovaných jako nebezpečné. Spalované odpady se na celkovém vlivu 1 kg vstřikovací jednotky M3 podílely 22,6 % v roce 2012 a 23,2 % v roce 2013. Obdobně velký dopad jako spalovaný odpad má elektrická energie s 22,2 % (2012) a 21,7 % (2013). Čtvrtý nejvýznamnější dopad výroby ve vybraném závodu představuje spotřeba zemního plynu. Zemní plyn k celkovému vlivu přispívá hodnotou 13,1 % (2012) a 14,9 % (2013).

V roce 2013 bylo k recyklaci odevzdáno výrazně (o 9 470 kg) více oceli a železa, přestože objem roční výroby dílců byl menší. Tento fakt se v dopadech na životní prostředí 1 kg VJ M3 (za rok 2013) projevil významným záporným příspěvkem -5,16 %.

**V roce 2012 se na dopadech nejvýznamněji podílely tyto elementární toky:**

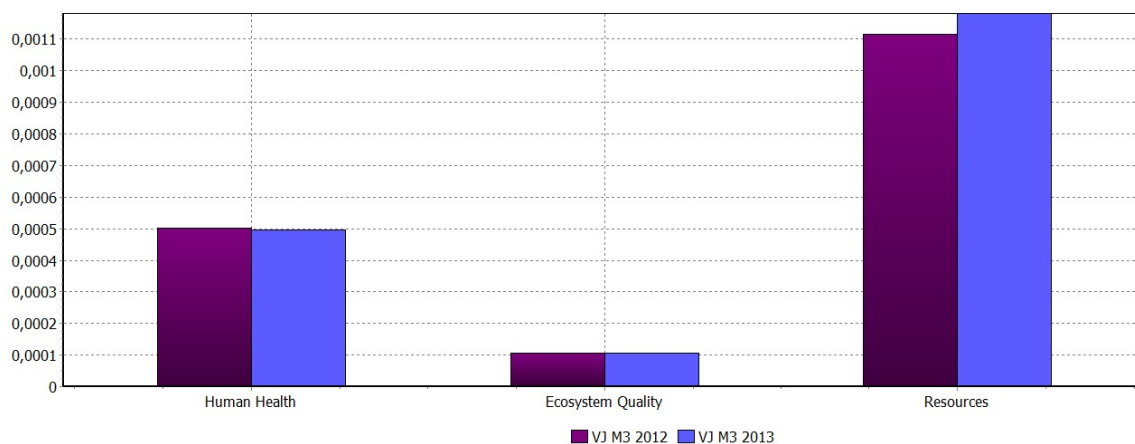
- Spotřeba materiálu – oceli s vysokým obsahem uhlíku (36,2 %);
- Produkce odpadů – spalovaný odpad (22,6 %);
- Spotřeba elektrické energie (22,2 %);
- Spotřeba zemního plynu (13,1 %);
- Nejvýznamnější záporný příspěvek (-4,02 %) – recyklace oceli a železa.

**V roce 2013 se na dopadech nejvýznamněji podílely tyto elementární toky:**

- Spotřeba materiálu – oceli s vysokým obsahem uhlíku (35,3 %);
- Produkce odpadů – spalovaný odpad (23,2 %);
- Spotřeba elektrické energie (21,9 %);
- Spotřeba zemního plynu (14,9 %);
- Nejvýznamnější záporný příspěvek (-5,16 %) – recyklace oceli a železa.

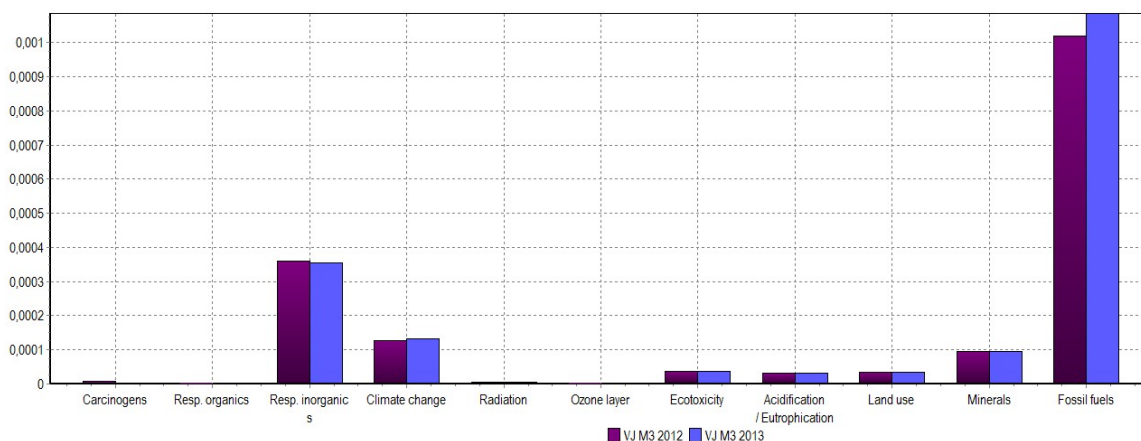


Dalším cílem diplomové práce bylo zjištění, jaká kategorie dopadu je při výrobě vstříkovací jednotky nejvíce zasažena. K tomuto určení nám posloužily výsledky normalizace, jež umožňuje porovnat významnost zásahů do různých kategorií dopadu. V rámci základních skupin environmentálních dopadů došlo k největšímu zásahu v kategorii úbytku surovin. Druhou nejvíce zasaženou kategorií bylo lidské zdraví. Nejméně zasažena byla kategorie kvalita ekosystémů.



Obrázek 6.1: Zasažené kategorie – základní; normalizace, srovnání 1 kg VJ M3 2012 s 1 kg VJ M3 2013 metodou Eco-indicator 99

Z neagregovaných kategorií dopadu byla jednoznačně nejvíce zasažena kategorie fosilní suroviny, která svým velkým příspěvkem (spolu s nezanedbatelným příspěvkem minerálních zdrojů) naplnila kategorii úbytek surovin. Elementární toky, které se největší měrou podílejí na úbytku surovin, jsou: spalování odpadu (33,5 % v roce 2012 a 33,2 % v roce 2013), spotřeba zemního plynu (23,7 % a 26,1 %), ocel s vyšší koncentrací uhlíku (23,1 % a 21,8 %) a spotřeba elektrické energie (11,1 % a 10,5 %).



Obrázek 6.2: Přehled zasažených kategorií; normalizace, srovnání 1 kg VJM3 2012 s 1 kg VJM3 2013 metodou Eco-indicator 99

Srovnání materiálů komponent vstřikovací jednotky podle míry, kterou se podílí na úbytku surovin je uvedeno v tabulce 6.1. Vycházíme z normalizovaných hodnot.

Tabulka 6.1: Podíl jednotlivých materiálů VJ na naplnění kategorie úbytek surovin

Elementární tok	Jednotka	2012	2013
Ocel s vyšší koncentrací uhlíku	%	23,10	21,80
Automatová ocel pro obrábění	%	2,15	2,03
Pružinová ocel	%	0,99	0,94
Polyamid	%	0,32	0,30
Přýž	%	0,11	0,11

Druhou a třetí příčku mezi nejvíce zasaženými kategoriemi obsadila respirační onemocnění způsobená anorganickými látkami a klimatické změny spadající do skupiny lidské zdraví.

Vedlejším cílem práce bylo stanovení ekovektoru výrobního procesu v roce 2012 a 2013. Soubor dat o vstupujících a vystupujících energetických a materiálových tocích v rámci produktového systému shrnuje tabulka 4.13.

Dalším cílem studie bylo určení, jakou měrou se na vlivech na životní prostředí podílí zkoumaná fáze výroby produktu, probíhající ve vybraném závodě Batelov společnosti Motorpal. Využitím programového vybavení SimaPro 7 bylo zjištěno, že samotný zkoumaný výrobní proces se na dopadech podílel příspěvkem 0,0222 % v roce 2012 a příspěvkem 0,0142 % v roce 2013.

Významný rozdíl mezi těmito dvěma hodnotami souvisí s velikostí příspěvku emise tetrachlorethylenu do ovzduší. V roce 2012 to bylo 2 913 kg a v roce 2013 „pouze“ 1 654 kg perchloru. Po alokaci pro VJ M3 337,2 kg a 206,9 kg. Za zvýšeným únikem tetrachlorethylenu do ovzduší v roce 2012 stojí havárie na absorbéru zařízení RC880.

## **Tetrachlorethylen**

Přírozené zdroje tetrachlorethylenu neexistují. Jde o látku syntetickou, která se do prostředí uvolňuje pouze z antropogenních zdrojů, zejména v kovoobráběcím průmyslu při odmašťování obrobků či při chemickém čištění oděvů [31].

Po úniku do vody či půdy se tetrachlorethylen rychle odpařuje do ovzduší. V ovzduší podléhá rozkladu slunečním zářením a nebo je splachován deštěm zpět do půdy. V půdě může být tetrachlorethylen pomalu odbouráván přítomnými mikroorganismy [31].

*„Nepředpokládá se, že by tetrachlorethylen měl výraznější globální dopady na životní prostředí, protože nejeví sklony k bioakumulaci v rybách ani jiných vodních živočiších. Přes to, že tetrachlorethylen je zařazen do kategorie těkavých organických látek (VOC), byla u této látky zjištěna jen nepatrná fotochemická reaktivita. Je nepravděpodobné, že by významněji přispíval ke vzniku škodlivého přízemního ozonu nebo fotochemického smogu“ [31].*

Udává se, že poločas rozpadu tetrachlorethylenu v podzemní vodě je přibližně 1-2 roky (založeno na předpokládané aerobní biodegradaci). Pro těkavost z vody platí experimentální poločas pro  $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  vody  $27 \pm 3$  minuty při míchání 200 otáček za minutu při  $25^\circ \text{C}$  v otevřené 65 mm hluboké nádobě [31].

Tetrachlorethylen je látka spíše méně nebezpečná pro životní prostředí, avšak ne-

bezpečná pro zdravý život volně žijících organismů a zdraví člověka. Do organismu se může dostat vdechnutím a prostupem pokožkou [31].

Podle [31] u exponované osoby může dojít k následujícím projevům a rizikům:

- zvýšení pravděpodobnosti onemocnění rakovinou;
- poškození reprodukčních funkcí u obou pohlaví;
- poškození zdravého vývoje plodu;
- podráždění pokožky, popáleniny, vysušení, popraskání;
- poškození očí, nosu, úst a dýchacích cest;
- poškození jater a ledvin;
- poškození centrální nervové soustavy (vyšší koncentrace);
- může způsobit bolest hlavy, slabost, nevolnost, zvracení;
- tvorba vody v plicích (edém, při inhalaci vyšších koncentrací).

## Závěr

Diplomová práce se zabývá životním cyklem vsřikovací jednotky typu M3, vyráběné společností Motorpal, a.s. Cílem diplomové práce byla identifikace elementárních toků zkoumaného procesu s nejvýznamnějšími dopady na životní prostředí. Dále pak určení, které kategorie dopadu byly elementárními toky nejvíce zasaženy. Vedlejším cílem práce bylo stanovení ekovektoru výrobního procesu vsřikovací jednotky v letech 2012 a 2013 a také určení, jakou měrou se na vlivech na životní prostředí podílí zkoumaná fáze výroby produktu v závodu Batelov.

Za tímto účelem bylo provedeno zdokumentování výrobního systému a jeho posouzení metodou LCA.

První kapitola diplomové práce je věnována problematice posuzování životního cyklu *life cycle assessment* – LCA, analytické metodě hodnocení environmentálních dopadů produktů. Zabývá se historií a vývojem metody LCA, životním cyklem produktu a produktovým systémem. Popisuje jednotlivé fáze LCA analýzy – definici cílů a rozsahu, inventarizaci, hodnocení dopadů a interpretaci výsledků studie. Uvádí také stručný přehled metodik LCIA.

Ve druhé kapitole je představena firma Motorpal, výrobce vsřikovacích systémů pro dieselové motory, se sídlem v Jihlavě a její pobočka – závod Batelov. V této části je také specifikován produkt, který podlehl posouzení – vsřikovací jednotka typu M3. Vsřikovací jednotku tvoří element – válec a píst – sloužící k přesnému dávkování paliva čerpadlem do válců dieselového motoru.

V první fázi samotné LCA analýzy byly definovány cíle a rozsah studie. Funkční jednotkou byl stanoven roční objem výroby vsřikovací jednotky M3. Ve fázi inventarizace byly shromážděny informace o tocích, vstupujících a vystupujících z posuzovaného systému, a jejich velikosti. Do inventarizace byly zahrnuty také pomocné toky v podobě řezných kapalin, maziv a odmašťovacích prostředků. Ve třetí fázi LCA analýzy byly hodnoceny vlivy na životní prostředí pomocí kategorií dopadu metodiky Eco-indicator 99. K tomu byl využit program SimaPro 7, umožňující převádět výsledky z inventarizace, vytvářet charakterizační tabulky a normalizovat výsledky s ohledem na evropské země. Pro potřebu naší studie jsme využili programové vybavení SimaPro 7 pro získání dat z charakterizace, normalizace a single score.

Závěrečnou fází LCA je interpretace výsledků. V této kapitole jsou zodpovězeny otázky, které jsme si vytyčili jako cíle diplomové práce.

Diplomová práce byla pravidelně konzultována s vedením firmy Motorpal. Jejím vypracováním došlo k poukázání na souvislosti mezi určitými problémy vzniklými při výrobě a dopady na životní prostředí.

Závěrem lze konstatovat, že došlo k naplnění zadání této diplomové práce a splnění všech vytyčených cílů.

## Seznam použitých zkratk

A	Acidifikace (kategorie dopadu)
CBA	Cost Benefit Analysis
CML	Institute of Environmental Sciences, Leiden
DALY	Disability adjusted life years Počet roků života ovlivněných nezpůsobilostí
E	Eutrofizace (kategorie dopadu)
EQ	Ecosystem quality Kvalita ekosystémů (kategorie dopadu)
ERA	Environmental Risk Assessment Hodnocení environmentálních rizik
HH	Human health Lidské zdraví (kategorie dopadu)
IOA	Input-Output Analysis
LCA	Life Cycle Assessment Posuzování životního cyklu
LCC	Life Cycle Costing Náklady životního cyklu
LCI	Life cycle inventory
LCIA	Life Cycle Impact Assessment Hodnocení dopadů životního cyklu
LCT	Life Cycle Thinking Myšlení v životních cyklech
LU	Land use Užívání a přeměna krajiny (kategorie dopadu)
MFA	Material Flow Analysis Účetnictví materiálových toků
MRI	Midwest Research Institute
NOEC	No observed effect concentration Koncentrace nevyvolávající viditelný efekt
OEM	Original equipment manufacturer Výrobce dodávající produkt jiné firmě pod její obchodní značkou
OSN	Organizace spojených národů

PAF	Potentially affected fraction Podíl ovlivněných druhů
PDF	Potentially disapeared fraction Podíl chybějících druhů
POO	Probability of occurrence Pravděpodobnost výskytu druhu
REPA	Resource and Environmental Profile Analysis
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SFA	Substance Flow Analysis
SPOLD	Society for the Promotion of Lifecycle Development
UNEP	United Nations Environment Programme Program OSN pro životní prostředí
VJ	Vstříkovací jednotka
VOC	Volatile organic compounds Těkavé organické látky
WHO	World Health Organization Světová zdravotnická organizace
YLD	Years lived disabled Počet let osob žijících s vyvolaným poškozením
YLL	Years of life lost Počet let zkrácení lidského života v exponované populaci



# Literatura

- [1] ALKEMADE, Jeroen Robertus Maria a J. WIERTZ. RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU. *Kalibratie van Ellenbergs milieu-indicatiegetallen aan werkelijk gemeten bodemfactoren*. Bilthoven, 1996.
- [2] BLONK, T. J., R. SPRIENSMA, M. J. GOEDKOOP, A. AGTERBERG, B. van ENGELBURG a K. BLOK. *Drie Referentieniveaus voor normalisatie in LCA; RIZA: Three reference levels for normalization in LCA*. Lelystad, 1997.
- [3] BOSVELD, Bart. In Memoriam, Nicolaas Tieme de Oude. SETAC. *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* [online]. 2013, říjen 2013 [cit. 2013-12-30]. Dostupné z: <http://globe.setac.org/2013/october/nicolaas-tieme.html>
- [4] CURRAN, Mary Ann. *Life cycle assessment handbook: a guide for environmentally sustainable products*. Hoboken, N.J: Wiley/Scrivener, 2012, xx, 611 p. ISBN 11-180-9972-9.
- [5] Česká republika. Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí. Dostupný z: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf>
- [6] Česká republika. Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech.
- [7] ČSN EN ISO 14040. Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova. 2006.
- [8] ČSN EN ISO 14044. Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice. 2006.
- [9] ČSN ISO/TR 14047. Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Příklady aplikace ISO 14042. 2004.

- [10] ČSN ISO/TR 14049. Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Příklady aplikace ISO 14041 pro stanovení cíle a rozsahu inventarizační analýzy. 2001.
- [11] ČSN P ISO TS 14048. Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Formát dokumentace údajů. 2003.
- [12] ČURDA, Dušan. *Ekologická bilance - hodnocení životního cyklu*. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 1996, 60 s. ISBN 80-853-6895-1.
- [13] EU: COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. *Green paper on integrated product policy*. COM(2001) 68. Brussels, 07.02.2001. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52001DC0068&qid=1396941010057&from=EN>
- [14] FAVA, James A. (editor). *A technical framework for life-cycle assessment: Society of Environmental Toxicology and Chemistry Workshop Report, August 18-23, 1990, Smugglers Notch, Vermont*. 2. print. Washington, D.C: Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Washington, D.C.), 1991. ISBN 978-188-0611-005.
- [15] GUINÉE, Jeroen B. *Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002, xi, 692 p. ISBN 14-020-0228-9.
- [16] Posuzování životního cyklu LCA: sborník semináře, 31.1.2008 Praha. 1. vyd. Editor Olga Halousková. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, ©2008, 72 s. ISBN 978-80-86832-32-6.
- [17] HAVEL, Marian. *Racionalizace výroby dílů vstřikovacích čerpadel*. Brno, 2011. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/8120/diplomov%C3%A1%20pr%C3%A1ce.pdf?sequence=1>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ing. Karel Osička, Ph.D.
- [18] HORNE, Ralph, Tim GRANT a Karli VERGHESE. *Life cycle assessment: principles, practice, and prospects*. Collingwood, Vic.: CSIRO Pub, c2009, xi, 175 p. ISBN 06-430-9452-0.

- [19] KLÖPPFER, Walter. Life Cycle Assessment: From the beginning to the current state. *Environmental Science and Pollution Research*. 1997, roč.4, č.4, s.223-228. Dostupné z: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0030732426&partnerID=40&md5=dca47e9cdf6cef9390e9e3cdc83d46c9>
- [20] KOČÍ, Vladimír. *Posuzování životního cyklu: Life Cycle Assessment - LCA*. Vyd. 1. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2009, 263 s. ISBN 978-80-86832-42-5.
- [21] KOTOVICOVÁ, Jana a Květa REMTOVÁ. *Udržitelná spotřeba a výroba*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, 173 s. ISBN 978-80-7375-707-6.
- [22] *Life Cycle Analysis for Packaging Environmental Assessment. Proceedings of the Specialised Workshop*. Leuven, Belgium, September 24/25, 1990.
- [23] REMTOVÁ, Květa. *Cesty k čistší produkci a spotřebě*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994, 217 s. ISBN 80-707-9664-2.
- [24] REMTOVÁ, Květa. *Posuzování životního cyklu - metoda LCA*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003, 15 s. ISBN 80-721-2232-0.
- [25] REMTOVÁ, Květa. *Strategie podniku v péči o životní prostředí: dobrovolné nástroje*. Praha: Oeconomica, 2006, 100 s. ISBN 80-245-1086-3.
- [26] REMTOVÁ, Květa. *Výkladový slovník základních pojmů z oblasti udržitelného rozvoje*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2009, 66 s. ISBN 978-80-7212-506-7.
- [27] WEIDEMA, Bo. SPOLD 2.-0 LCA consultants: What is (was) SPOLD?. *2.-0 LCA consultants* [online]. 2013, 15. 5. 2013 [cit. 2013-12-30]. Dostupné z: <http://lca-net.com/spold/whatis.html>
- [28] WEINZETTEL, Jan, Ivan KUDLÁČEK a Pavel ROKOS. *LCA elektrotechnického výrobku: manuál pro posuzování životního cyklu výrobku*. 1. vyd. Praha: ČVUT FEL, 2008, 26 s. ISBN 978-80-903933-2-5.
- [29] ZBICINSKI, Ireneusz, John STAVENUITER, Barbara KOZLOWSKA a Hennie van de COEVERING. *Product design and life cycle assessment*. Uppsala: Baltic University Press, 2006. ISBN 978-919-7552-622.

- [30] BANES SPOL. S R.O. *Výrobky a servis / BANES spol. s r.o.: CNC rotační obrábění a soustružení přesných dílců* [online]. 2012 [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: <http://www.banes.cz/cz/>
- [31] Tetrachlorethylen (PER). CENIA. IRZ *Integrovaný registr znečišťování* [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/93>
- [32] Nástroje LCA. *Life cycle assessment LCA* [online]. 2013, 13.12.2013 [cit. 2014-01-28]. Dostupné z: <http://www.lca.cz/cz/108-nastroje>
- [33] MOTORPAL, a. s. *MOTORPAL* [online]. ©2002-2008 [cit. 2013-12-10]. Dostupné z: <http://www.motorpal.cz>
- [34] SWR JIHLAVA SPOL. S R.O. *SWR JIHLAVA spol. s r.o.* [online]. ©2008-2013 [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: <http://www.swrjihlava.cz/index.php>
- [35] TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY – MORAVIA STEEL. *Skupina TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY - MORAVIA STEEL* [online]. ©2012, 21.03.2014 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: [http://www.trz.cz/web/trzocel.nsf/link/homepage\\_cz](http://www.trz.cz/web/trzocel.nsf/link/homepage_cz)
- [36] ÚSTAV PRO EKOPOLITIKU, o. p. s. *Výkladový slovník: životní prostředí, udržitelný rozvoj* [online]. ©2007 [cit. 2013-11-07]. Dostupné z: <http://slovník.ekopolitika.cz>

# Seznam tabulek

1.1	Přehled metodik LCIA . . . . .	15
2.1	Materiál a hmotnost komponentů . . . . .	19
2.2	Výroba pístů M3 . . . . .	23
2.3	Výroba válců M3 . . . . .	28
2.4	Výroba vstřikovacích jednotek M3 . . . . .	34
3.1	Funkce, funkční jednotka a referenční tok . . . . .	37
4.1	Alokační faktory . . . . .	39
4.2	Spotřeba energií a vody . . . . .	40
4.3	Vstupující materiál . . . . .	41
4.4	Procesní kapaliny, maziva vstupující do procesu výroby . . . . .	43
4.5	Automobily – počty ujetých km . . . . .	44
4.6	Spotřeba paliva – automobily . . . . .	45
4.7	Spotřeba paliva – vysokozdvížné vozíky . . . . .	45
4.8	Spotřeba paliva – převod na kg . . . . .	45
4.9	Legenda ke kódům způsobu využívání a odstraňování odpadů . . . . .	46
4.10	Druhy produkovaných odpadů . . . . .	47
4.11	Množství produkovaných odpadů . . . . .	48
4.12	Úniky tetrachlorethylenu . . . . .	50

4.13	Inventarizační tabulka . . . . .	51
5.1	Charakterizační tabulka. . . . .	58
5.2	Normalizační tabulka – základní kategorie . . . . .	60
5.3	Normalizační tabulka . . . . .	61
5.4	Single score – základní kategorie . . . . .	62
5.5	Single score . . . . .	63
5.6	Podíl elementárních toků na celkovém vlivu . . . . .	64
6.1	Podíl materiálů VJ na naplnění kategorie úbytek surovin . . . . .	68

# Seznam obrázků

1.1	Životní cyklus produktu . . . . .	9
1.2	Fáze LCA . . . . .	11
2.1	Elementy a vstřikovací jednotky . . . . .	18
2.2	Motorpal, a.s. – závod Batelov . . . . .	18
2.3	Komponenty vstřikovací jednotky . . . . .	20
2.4	Polotovary pístu M3 . . . . .	22
2.5	Výrobní proces pístu M3 . . . . .	22
2.6	Bruska BPH 20 . . . . .	24
2.7	Hrotová bruska ABF 300 . . . . .	24
2.8	Bruska BPH 20 . . . . .	24
2.9	Spiratron FM3A . . . . .	25
2.10	Bruska ANCA RX7 . . . . .	25
2.11	Odjehlení ostřin pod mikroskopem . . . . .	25
2.12	Výkovek pro výrobu válce . . . . .	27
2.13	Výrobní proces válce M3 . . . . .	27
2.14	Obráběcí centrum Nakamura WT100 . . . . .	29
2.15	Zařízení Rc571 . . . . .	29
2.16	Předhonování hlavního otvoru . . . . .	29
2.17	Broušení průměrů a čela . . . . .	30

2.18	Lapování hlavního otvoru . . . . .	30
2.19	Pračka Rc880 a absorbér . . . . .	30
2.20	Výrobní proces výkovku pro válec M3 . . . . .	31
2.21	Výrobní proces vstřikovací jednotky M3 . . . . .	33
2.22	Ultrazvuková pračka POW 138 . . . . .	34
5.1	Principy metodiky Eco-indicator 99 . . . . .	55
5.2	Charakterizace . . . . .	59
5.3	Normalizace – základní kategorie . . . . .	60
5.4	Normalizace . . . . .	61
5.5	Single score– základní kategorie . . . . .	62
5.6	Single score . . . . .	63
6.1	Zasažené kategorie – základní . . . . .	67
6.2	Zasažené kategorie . . . . .	68